



CENTRE INTERNATIONAL DE RECHERCHE-DEVELOPPEMENT
SUR L'ELEVAGE EN ZONE SUBHUMIDE
01 BP 454, BOBO DIOULASSO 01 - BURKINA FASO

Rapport de stage : CEAV-PARC

(18 mai – 18 août 2002)

Lutte anti-vectorielle ciblée dans le contrôle de la trypanosomose : l'exemple de Sidéradougou

par

THOMAS BALENGHIEN

Remerciements

Je tiens à remercier le Dr. Stéphane De La Rocque pour m'avoir immergé dans le monde passionnant des tsé-tsé. Je tiens également à remercier le Dr. Dominique Cuisance pour m'avoir toujours soutenu même à distance. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier le Pr. Dorchie pour m'avoir encadré au cours de ce stage. Qu'il trouve ici l'expression de mes sentiments respectueux.

Je tiens à remercier le Pr. Gourot, Directeur Général du Cirde, de m'avoir accueilli comme stagiaire, ainsi que tout le personnel du Cirde pour son accueil très chaleureux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude.

Je tiens à remercier les différentes personnes avec qui j'ai eu la joie de travailler sur le terrain, à savoir Bila Céné, Simon Kaboré, Félix Sanou, Bourema Sanou, Youl Mémé ou encore Laurent « Kabila » Kaboré. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je tiens à remercier particulièrement Wilfrid Yoni qui m'a apporté plus qu'une aide purement technique. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et de ma sincère amitié.

Je tiens à remercier Jérémy Bouyer de m'avoir consacré son temps pour la finalisation de ce rapport. Qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	2
TABLE DES MATIERES	3
TABLE DES MATIERES	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	5
RESUME.....	7
SUMMARY.....	8
INTRODUCTION	9
OBJECTIF	12
PREMIERE PARTIE : LA TRYPANOSOMOSE ANIMALE ; INTERACTIONS VECTEUR-HOTE-PARASITE.....	13
I. 1. NOTION D'EPIDEMIOLOGIE VECTORIELLE	13
I. 2. LES PARASITES, LEURS HOTES : DES MALADIES	15
I. 2. 1. <i>Les trypanosomes</i>	15
I. 2. 1. 2. 1. La section des <i>Stercoraria</i>	17
I. 2. 1. 2. 2. La section des <i>Salivaria</i>	17
I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre <i>Duttonella</i>	17
I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre <i>Nannomonas</i>	18
I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre <i>Trypanozoon</i>	19
I. 3. LES PARASITES, LEURS VECTEURS	22
I. 3. 1. <i>Les vecteurs mécaniques</i>	22
I. 3. 2. <i>Les vecteurs cycliques : les glossines</i>	25
I. 3. 2. 4. 1. L'ambit.....	33
I. 3. 2. 4. 2. Les gîtes de ponte	33
I. 3. 2. 4. 3. Les lieux de repos	34
I. 3. 2. 4. 4. Les terrains de chasse	34
I. 3. 2. 5. Les déplacement des glossines	34
I. 3. 2. <i>Les interactions vecteur-parasite</i>	35
I. 4. LA RENCONTRE VECTEUR, HOTE, PARASITE	36
I. 4. 1. <i>Les préférences trophiques</i>	36
I. 4. 2. <i>L'interface spatio-temporelle, glossines / bovins</i>	37
DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DE LA ZONE AGRO-PASTORALE DE SIDERADOUGOU.....	38
I. 1. GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE.....	38
II. 2. ETUDE PRECISE DE CHAQUE ZONE	42
II. 2. 1. <i>Zone 1 : la zone de Bagouera</i>	42
II. 2. 2. <i>Zone 2 : la zone de Sinogdjan</i>	43
II. 2. 3. <i>Zone 3 : la zone de Péfrou</i>	44
II. 2. 4. <i>La zone de Nyarafo</i>	45

TROISIEME PARTIE : LUTTE CIBLEE DANS LA ZONE AGRO-PASTORALE DE SIDERADOUGOU.....	46
III. 1. MOYENS DE LUTTE	46
III. 2. LA LUTTE DANS CHAQUE ZONE	48
III. 2. 1. Zone 1 : la zone de Bagouera	49
III. 2. 2. Zone 2 : la zone de Sinogdjan.....	50
III. 2. 3. Zone 3 : la zone de Péfrou	50
III. 2. 4. Zone 4 : la zone de Nyarafo.....	50
III. 3. SUIVI DES EFFETS DE LA LUTTE	51
III. 3. 1. Suivi entomologique.....	51
III. 3. 2. Suivi de l'état sanitaire des troupeaux.....	54
III. 3. 3. Organisation des données.....	56
QUATRIEME PARTIE : LA SITUATION INITIALE.....	58
IV. 1. RESULTATS ENTOMOLOGIQUES	58
IV. 2. RESULTATS DU SUIVI SANITAIRE DES TROUPEAUX.....	62
CINQUIEME PARTIE : LES RESULTATS DE LA LUTTE	67
V. 1. SUIVI ENTOMOLOGIQUE.....	67
V. 1. 1. Suivi des données climatiques	67
V. 1. 2. Suivi de la situation à Bagouera	69
V. 1. 2. 1. 1. Evolution des DAP de <i>G. tachinoïdes</i>	69
V. 1. 2. 1. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de <i>G. tachinoïdes</i>	71
V. 1. 2. 2. 1. Evolution des DAP de <i>G. palpalis gambiensis</i>	73
V. 1. 2. 2. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de <i>G. palpalis gambiensis</i>	75
V. 1. 3. Suivi de la situation à Sinogdjan.....	81
V. 1. 4. Suivi de la situation à Péfrou	84
V. 1. 4. 1. 1. Evolution des DAP de <i>G. tachinoïdes</i>	84
V. 1. 4. 1. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de <i>G. tachinoïdes</i>	85
V. 1. 5. Suivi de la situation à Nyarafo	91
V. 2. SUIVI DES TROUPEAUX SENTINELLE.....	93
V. 2. 1. Le site de Bagouera	93
V. 2. 2. Le site de Sinogdjan	98
V. 2. 3. Le site de Péfrou.....	102
SIXIEME PARTIE : DISCUSSION, PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS.....	106
VI. 1. CHOIX DES SITES DE LUTTE.....	106
VI. 2. LA REALISATION DE LA LUTTE.....	107
VI. 3. LA PERENNITE DE LA LUTTE	108
CONCLUSION.....	110
BIBLIOGRAPHIE	111

Table des illustrations

Liste des figures :

Figure 1 : complexité du système épidémiologique de transmission vectorielle.....	14
Figure 2 : principaux types morphologiques d'évolution des Trypanosomatidés, avec n pour noyau, k pour kinétoplaste, f pour flagelle et m pour membrane ondulante.....	15
Figure 3 : morphologie générale d'un trypanosome.....	16
Figure 4 : classification des trypanosomes parasites des mammifères ^a	16
Figure 5 a : <i>Chrysops</i> : morphologie d'un imago femelle et profil de la tête.....	23
Figure 5 b : <i>Haematopota</i> : imago femelle, profil de la tête et aile.....	23
Figure 5 c : <i>Tabanus</i> : morphologie d'un imago femelle et profil de la tête.....	23
Figure 6 : morphologie des stomoxyinés (<i>Stomoxys calcitrans</i>) : adulte et tête de profil.....	24
Figure 7 : morphologie des hippoboscides, A : <i>Melophagus ovinus</i> et B : <i>Hippobosca sp.</i>	25
Figure 8 : cerques ou forcipules des 3 sous-genres de glossines.....	26
Figure 9 : représentation schématique d'une glossine, vue par sa face dorsale (ailes écartées) et vue par sa face latérale (ailes repliées).....	27
Figure 10 a : schéma de la tête d'une glossine vue de face.....	29
Figure 10 b : trompe de glossine ; A : vue de profil ; B : coupe transversale.....	29
Figures 11 a et b : appendices portés par le thorax d'une glossine ; aile et patte.....	30
Figure 12 b : extrémité de l'abdomen d'une femelle (groupe <i>palpalis</i>).....	30
Figure 12 a : genitalia mâle de glossine ; A : en accouplement, B : au repos.....	30
Figure 12 c : extrémité de l'abdomen d'un mâle.....	30
Figure 13 : Stade pupal et éclosion imaginale ; A : pupa et B : jeune mouche (imago) sortant de la pupa avec en avant de la tête le ptilinium gonflé.....	32
Figure 14 a : localisation de la zone agropastorale de Sidéradouou.....	38
Figure 14 b : présentation de la zone agropastorale de Sidéradouou.....	38
Figure 15 : illustration de la méthode utilisée pour déterminer les points épidémiologiquement dangereux.....	41
Figure 16 : représentation schématique des différents arbres et arbustes caractérisant la galerie soudano-guinéenne.....	43
Figure 17 : représentation schématique des différents arbres et arbustes caractérisant la galerie soudanienne.....	44
Figure 18 : ovaire gauche d'une femelle de <i>G. tachinoïdes</i> âgée de 20 jours.....	53
Figure 19 : illustration de la méthode de détermination des troupeaux sentinelle dans la zone de Bagouera.....	54
Figure 20 : modèle conceptuel de données.....	56
Figure 21 : exemple des différents concepts utilisés dans la méthode MERISE.....	57
Figure 22 : position des différents pièges présents à Bagouera, et disposition du dispositif de lutte.....	80
Figure 23 : position des différents pièges présents à Sinogdjan, et disposition du dispositif de lutte.....	83
Figure 24 : présentation de la localisation de Péfrou par rapport aux deux sites de lutte.....	90

Liste des tableaux :

Tableau 1 : présentation schématique du protocole de lutte dans les 4 sites suivis.....	50
Tableau 2 : DAP des deux espèces de glossines selon la zone et le mois de capture.....	58
Tableau 3 : présentation des résultats concernant la population des <i>Glossina tachinoïdes</i> disséquées au cours des trois premières enquêtes.....	59
Tableau 4 : présentation des résultats concernant la population des <i>Glossina palpalis gambiensis</i> disséquées au cours des trois premières enquêtes.....	59
Tableau 5 : localisation des infections détectées dans les mouches disséquées dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes.....	60
Tableau 6 : identification des trypanosomes responsables des infections des mouches disséquées dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes.....	60
Tableau 7 : Nombre de <i>Glossina tachinoïdes</i> disséquées dans la zone de Sinogdjan pendant les trois premières enquêtes.....	61
Tableau 8 : localisation des infections et identification des trypanosomes détectés dans les mouches disséquées dans la zone de Péfrou pendant les trois premières enquêtes. N : nombre de mouches disséquées, Pr : proboscis, Tv : <i>T. vivax</i>	61
Tableau 9 : présentation des moyennes des hématocrites, du pourcentage d'animaux à hématocrite inférieur à 25 %, des poids et états estimés lors des trois premières enquêtes. N : nombre d'animaux présents lors de l'enquête.....	62
Tableau 10 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour <i>Trypanosoma vivax</i> et Tc pour <i>T. congolense</i> type savane.....	64
Tableau 11 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Sinogdjan pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour <i>Trypanosoma vivax</i> et Tb pour <i>T. brucei brucei</i>	64
Tableau 12 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Péfrou pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour <i>Trypanosoma vivax</i>	65
Tableau 13 : présentation des résultats des captures et des dissections des pièges posés entre Bagouera et Péfrou.....	80

Liste des graphiques :

Graphique 1 : variations mensuelles de la pluviométrie et de la température enregistrées à la périphérie de Bobo Dioulasso en 1995 (source : station ASECNA)	68
Graphique 2 : variations mensuelles de la pluviométrie et de la température enregistrées à la périphérie de Bobo Dioulasso de janvier 2000 à juin 2002 (source : station ASECNA)	68
Graphique 3 : comparaison des évolutions des DAP de <i>G. tachinoïdes</i> à Bagouera en 1995-96 et en 2000-2002	70
Graphique 4 a, b, c, d, e : proportion de chaque classe d'âge de la population de <i>G. tachinoïdes</i> à Bagouera	72
Graphique 5 : comparaison des évolutions des DAP de <i>G. palpalis gambiensis</i> à Bagouera en 1995-96 et en 2000-2002	74
Graphique 6 a, b, c, d, e : proportion de chaque classe d'âge de la population de <i>G. palpalis gambiensis</i> à Bagouera	75
Graphique 7 a : évolution du nombre de <i>G. palpalis gambiensis</i> capturées et du nombre de <i>G. palpalis gambiensis</i> disséquées à Bagouera	77
Graphique 7 b : évolution du nombre de <i>G. palpalis gambiensis</i> infectées et localisation des infections	77
Graphique 7 c : évolution du nombre de <i>G. palpalis gambiensis</i> infectées et proportion des différents parasites rencontrés	77
Graphique 8 a : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> capturées et du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> disséquées à Bagouera	78
Graphique 8 b : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> infectées et localisation des infections	78
Graphique 8 c : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> infectées et proportion des différents parasites rencontrés	78
Graphique 9 : comparaison des évolutions des DAP de <i>G. tachinoïdes</i> à Sinodgjan en 1995-96 et en 2000-2002	82
Graphique 10 : comparaison des évolutions saisonnières des DAP de <i>G. tachinoïdes</i> à Péfrou, en 1995-96 et lors de notre suivi	84
Graphique 11 a, b, c, d, e : proportion de chaque classe d'âge de la population de <i>G. tachinoïdes</i> à Péfrou	86
Graphique 12 : comparaison des évolutions saisonnières des DAP de <i>G. palpalis gambiensis</i> à Péfrou, en 1995-96 et lors de notre suivi	87
Graphique 13 a : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> capturées et du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> disséquées à Péfrou	89
Graphique 13 b : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> infectées et localisation des infections	89
Graphique 13 c : évolution du nombre de <i>G. tachinoïdes</i> infectées et proportion des différents parasites rencontrés	89
Graphique 14 : évolution de l'incidence parasitaire mensuelle (toutes techniques confondues) au sein du troupeau sentinelle de Bagouera	93
Graphique 15 a : évolution de l'hématocrite moyen du troupeau sentinelle de Bagouera	94
Graphique 15 b : évolution du pourcentage d'animaux présentant un hématocrite inférieur à 25 % sur le site de Bagouera	95
Graphique 15 c : évolution de l'état moyen estimé du troupeau sentinelle de Bagouera	95
Graphique 15 d : évolution du poids moyen du troupeau sentinelle de Bagouera	95
Graphique 15 e : évolution du poids moyen des animaux du troupeau sentinelle de Bagouera, ayant au moins 4 ans au début du suivi	97
Graphique 16 : évolution du taux d'infection mensuel en fonction de l'hématocrite moyen à Bagouera	97
Graphique 17 : évolution de l'incidence parasitaire mensuelle (toutes techniques confondues) au sein du troupeau sentinelle de Sinodgjan	98
Graphique 18 a : évolution de l'hématocrite moyen du troupeau sentinelle de Sinodgjan	99
Graphique 18 b : évolution du pourcentage d'animaux présentant un hématocrite inférieur à 25 % sur le site de Sinodgjan	99
Graphique 18 c : évolution de l'état moyen estimé du troupeau sentinelle de Sinodgjan	99
Graphique 18 d : évolution du poids moyen du troupeau sentinelle de Sinodgjan	100
Graphique 18 e : évolution du poids moyen des animaux du troupeau sentinelle de Sinodgjan, ayant au moins 4 ans au début du suivi	101
Graphique 19 : évolution du taux d'infection mensuel en fonction de l'hématocrite moyen à Bagouera	101
Graphique 20 : évolution de l'incidence parasitaire mensuelle (toutes techniques confondues) au sein du troupeau sentinelle de Péfrou	102
Graphique 21 a : évolution de l'hématocrite moyen du troupeau sentinelle de Péfrou	103
Graphique 21 b : évolution du pourcentage d'animaux présentant un hématocrite inférieur à 25 % sur le site de Péfrou	103
Graphique 21 c : évolution de l'état moyen estimé du troupeau sentinelle de Péfrou	103
Graphique 21 d : évolution du poids moyen du troupeau sentinelle de Péfrou	104
Graphique 21 e : évolution du poids moyen des animaux du troupeau sentinelle de Péfrou, ayant au moins 4 ans au début du suivi	105
Graphique 22 : évolution du taux d'infection mensuel en fonction de l'hématocrite moyen à Péfrou	105

Liste des photographies :

Photographie 1 : point d'abreuvement, point de rencontre des hôtes, des vecteurs et des parasites	11
Photographie 2 : <i>Glossina palpalis gambiensis</i> vue de profil, taille réelle : 9.5 mm.	28
Photographie 3 : <i>Glossina palpalis gambiensis</i> vue de dessus, taille réelle : 9.5 mm.	28
Photographie 4 : <i>Glossina tachinoïdes</i> vue de dessus, ailes écartées, taille réelle : 7.5 mm.	28
Photographie 5 : <i>Glossina tachinoïdes</i> vue de profil, taille réelle : 7.5 mm.	28
Photographie 6 : tête de <i>G. palpalis gambiensis</i> vue de face (x 10).	29
Photographie 7 : dissection du proboscis (x 40) ; séparation du labre, de l'hypopharynx et du labium	29
Photographie 8 : accouplement de <i>G. palpalis gambiensis</i> , avec détail de la fixation du mâle (x 40).	31
Photographie 9 : larve de troisième stade (à gauche) et pupa (à droite), taille réelle : 3 mm.	31
Photographie 10 : vue aérienne d'une forêt galerie comme rencontrée dans la zone de Bagouera	42
Photographie 11 : écran imprégné disposé le long du cours d'eau	49
Photographie 12 : piège biconique de Challier-Laveissière disposé le long du cours d'eau	51
Photographie 13 : aspect de <i>Trypanosoma brucei</i> dans le sang	55

Résumé

La trypanosomose, maladie provoquée par les protozoaires sanguins du genre *Trypanosoma* transmis biologiquement par les glossines (genre *Glossina*), reste un problème majeur de santé publique et un des principaux obstacles à l'élevage dans toute l'Afrique subsaharienne.

L'approche originale développée au CIRDES pour le contrôle de la trypanosomose animale a permis, après identification des points épidémiologiquement dangereux, la mise en place d'une lutte ciblée dans la zone agropastorale de Sidéradougou. Cette lutte a pour objectif de contrôler les densités de vecteurs pour briser les cycles de transmission et diminuer progressivement l'incidence de la trypanosomose. De coût et de technicité réduite, elle pourra par la suite être prise en charge par les acteurs locaux. Notre étude consiste en l'évaluation de cette lutte ciblée organisée de février 2001 à septembre 2002.

La lutte, organisée autour de trois sites, consiste dans les deux premiers sites (Bagouera et Sinogdjan) pendant la saison sèche, en l'utilisation d'écrans imprégnés de triflumuron ou de β -cyfluthrine et en l'application de pour-on insecticide pendant la saison des pluies. Le troisième site (Péfrou) permet de suivre l'évolution de la situation sans intervention, mais sous la possible influence de la lutte organisée dans les deux sites adjacents. L'efficacité de la lutte est évaluée à court terme par un suivi entomologique (densités de glossine, taux d'infection et structure par âge) et à long-terme par un suivi régulier d'animaux sentinelle (incidence parasitaire, hématocrite, indice corporel et poids moyens).

La lutte ciblée a montré son efficacité en aboutissant à la rapide disparition des glossines à Sinogdjan, et à une diminution progressive des densités de glossine dans les sites de Bagouera et de Péfrou, diminution de respectivement 97 et 91 % entre les deux saisons sèches chaudes. Cette forte diminution des densités de vecteur a entraîné une quasi disparition des incidences parasitaires, qui sont devenues faibles et sporadiques.

Summary

Trypanosomosis is a disease caused by blood parasites *Trypanosoma spp.*, which are cyclically transmitted by tsetse flies (genus *Glossina*). Trypanosomosis are still a major threat to human health and pose a major constraint on livestock production in sub-Saharan Africa.

The present approach developed by Cirdes for trypanosomosis control includes the possibility of a focused control operation in the agropastoral zone of Sideradougou (Burkina Faso). It requires the identification of the interface between hosts, vectors and parasites. The objective of the focused control is to interrupt the parasite cycle by reducing the density of the vectors and, hence, achieve a progressive control of the trypanosomosis incidence. This control method should be compatible with the financial and technical capacities of rural populations. This study appraises the efficiency of this method during February 2001 to September 2002.

In two zones (Bagouera and Sinogdjan) control is achieved by the use of β -cyfluthrin and triflumuron impregnated targets, which are deployed throughout the year, associated with cattle treatment (flumethrin pour-on) during the rainy season. A third zone (Pefrou) shows the situation without control, however influenced by the control in the other zones. The control's efficiency is estimated in short-term by entomological surveys (density, infection rate and age distribution) and in long-term by monitoring of sentinel herds (parasitological surveys, packed cell volume, body weight and index).

The control operation showed its efficiency with the disappearance of tsetse flies in Sinogdjan and a decrease of tsetse fly densities in Bagouera and Pefrou, showing a reduction of 97 and 91 % between the two dry seasons. This significant decrease of density of the vectors resulted in the drastic reduction of the parasitological incidence which became exceptional and sporadic.

Introduction

Introduction

La trypanosomose est une maladie provoquée par des protozoaires sanguins du genre *Trypanosoma* (Gruby, 1843), parasites obligatoires des vertébrés qui constituent leurs hôtes définitifs. Tous les trypanosomes (à l'exception de *Trypanosoma equiperdum*) ont un cycle dixène dont l'hôte intermédiaire est un insecte hématophage. Cet insecte peut être un simple vecteur mécanique chez lequel les trypanosomes survivent de quelques secondes à quelques minutes ; ce rôle est assuré par des Tabanidés ou des Stomoxynés. Les véritables vecteurs biologiques des trypanosomes, qui permettent la multiplication du parasite, sont représentés par les glossines (du genre *Glossina*) à répartition uniquement africaine (Chartier, C. *et al.*, 2000).

La trypanosomose reste un problème majeur de santé publique et un des principaux obstacles à l'élevage dans toute l'Afrique subsaharienne.

En effet l'OMS estime que 36 pays d'Afrique au sud du Sahara sont concernés par la trypanosomose humaine (maladie du sommeil due à *T. (Trypanozoon) brucei gambiense* (Dutton, 1992) et à *T. (Trypanozoon) brucei rhodesiense* (Stephens et Fantham, 1910)), ce qui correspond à 60 millions de personnes (OMS, 1998). On estime à 400 000 le nombre de personnes infectées dont 250 000 en République Démocratique du Congo et plus de 100 000 en Angola. Seulement 30 000 cas officiels sont déclarés, alors que chaque jour 100 personnes meurent de trypanosomose humaine (Hursey, B. S., 2001).

Les trypanosomes infestant les animaux domestiques (essentiellement *T. (Nannomonas) congolense* (Brodin, 1904), *T. (Duttonella) vivax* (Ziemann, 1905) et *T. (Trypanozoon) brucei brucei* (Plimmer et Bradford, 1899)) ont un impact important sur les productions animales (diminution de la production laitière et de la fécondité, augmentation de la mortalité des jeunes et des adultes). De plus, les traitements curatifs ou préventifs trypanocides sont largement utilisés pour lutter contre la trypanosomose animale. L'emploi massif de ces produits représente un coût important pour l'élevage, mais surtout entraîne l'apparition de chimiorésistance aux produits utilisés (Swallow, B., 1998). C'est pourquoi le contrôle de la trypanosomose passe de plus en plus par la lutte contre les vecteurs du genre *Glossina*.

Il existe différentes stratégies de lutte : l'épandage d'insecticide, le piégeage ou l'utilisation d'écrans imprégnés, ou encore des lâchés de mâles stériles (Allsopp, R., 2001). Les principales limites de ces moyens de lutte restent le coût et le problème de l'entretien des barrières protégeant les zones traitées de la réinvasion des glossines. De plus la lutte contre les glossines doit prendre de plus en plus en compte son impact sur l'environnement, notamment l'écotoxicologie liée à l'emploi d'insecticides (Grant, I. F., 2001).

L'approche originale développée au Centre International de Recherche / Développement pour l'Elevage en Zone Sub-humide (CIRDES) à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) depuis 1995-96 prend en compte les données concernant la répartition des glossines, la répartition et la densité de bovins, les systèmes d'élevage et l'utilisation agricole. Cette approche assistée par les systèmes d'informations géographiques (SIG) a consisté en l'identification des points épidémiologiquement dangereux sur le réseau hydrographique de la moitié nord de la zone agropastorale de Sidéradougou (De La Rocque, S. *et al.* 2001d).

Ce travail a débuté par l'étude de la répartition des densités de glossines présentes dans cette zone (à savoir deux espèces ripicoles : *Glossina tachinoïdes* Westwood, 1850 et *G. palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949), grâce à une enquête entomologique précise (1 piège tous les 100 m) réalisée sur les 120 km du réseau hydrographique de la partie nord de la région agropastorale de Sidéradougou (De La Rocque, S., 1997).

Cette répartition des vecteurs a ensuite été corrélée aux données satellitaires à haute résolution (images SPOT) de manière à établir des relations entre les densités de glossines et les typologies du paysage relevées grâce aux techniques de télédétection. De cette manière il est possible à partir des outils de télédétection de prévoir les densités de glossines présentes le long du réseau hydrographique (De La Rocque, S., 1997).

Parallèlement a été effectué un recensement exhaustif de l'ensemble des troupeaux de bovins présents dans cette zone, avec des relevés du lieu de la concession, du lieu d'abreuvement en fin de saison sèche. A partir de ces données il est possible de modéliser le parcours des bovins grâce à un modèle de polygone d'influence (Michel, J. F. *et al.*, 1999). En superposant les différents polygones obtenus on obtient une répartition de la densité des bovins sur l'ensemble de la région.

A la rencontre des fortes densités de bovins, des paysages favorables aux glossines et du réseau hydrographique se trouve les zones dites épidémiologiquement dangereuses où s'effectue la rencontre entre l'hôte, le vecteur et le parasite (De La Rocque, S. *et al.*, 2001d). La définition de ces points épidémiologiquement dangereux permet de concevoir une lutte ciblée limitée à ces points définis de manière à aboutir à une lutte économiquement et techniquement acceptable pour les éleveurs présents dans cette région (Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998).



Photographie 1 : point d'abreuvement, point de rencontre des hôtes, des vecteurs et des parasites.

Objectif

Objectif

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'une lutte anti-vectorielle ciblée aux points épidémiologiquement dangereux dans le contrôle de la trypanosomose du bétail dans la partie nord de la zone agropastorale de Sidéradougou.

La définition de points épidémiologiquement dangereux permet de localiser des sites spécifiques où la rencontre entre hôtes infectés et vecteurs infectés se réalise. Une lutte ciblée, limitée à ces points prédéfinis permettrait de contrôler les populations de glossines présentes. Ce contrôle de la population des vecteurs permettrait de briser le cycle de transmission des trypanosomes pathogènes. Le dispositif ne permet pas d'empêcher la réinvasion des zones contrôlées par des glossines venues du réseau hydrographique voisin. Néanmoins l'étude a pour objectif de démontrer qu'une lutte ciblée permet malgré la réinvasion de diminuer suffisamment les densités de glossines pour briser le cycle de transmission.

Comparé à une lutte antivectorielle "classique" où le but est l'éradication des vecteurs d'une zone, cette lutte ciblée permet de réduire les coûts nécessaires à un contrôle de la trypanosomose animale, d'en réduire l'investissement technique et d'en faire une méthode dont la prise en charge pourrait être assurée par les acteurs locaux. Cette étude vise à établir l'efficacité d'une lutte ciblée, d'étudier la motivation des acteurs locaux à prendre en charge la lutte et d'étudier la faisabilité de cette prise en charge.

L'efficacité de cette méthode de lutte peut être évaluée à court terme par un impact sur les populations de glossines présentes, à savoir une diminution des densités apparentes de glossines (DAP : nombre de glossines capturées par piège et par jour) et une modification de la structure par âge des populations de vecteurs. Cet impact à court terme sera évalué grâce à un suivi entomologique.

L'impact de cette lutte ciblée sur la trypanosomose animale pourra être évalué à long terme. On peut prévoir une diminution des taux d'infection des bovins et des vecteurs, une diminution de l'incidence des cas de trypanosomoses animales et une amélioration de l'état des animaux (augmentation de l'hématocrite moyen). Cette efficacité à long terme sera évaluée grâce à un suivi régulier de l'état sanitaire de troupeaux sentinelles.

**Première partie : la trypanosomose
animale ; interactions vecteur-hôte-parasite**

Première partie : la trypanosomose animale ; interactions vecteur-hôte-parasite

I. 1. Notion d'épidémiologie vectorielle

Un vecteur est « un arthropode hématophage qui assure la transmission biologique (ou mécanique) active d'un agent infectieux d'un vertébré à un autre vertébré » (Rodhain, F. et Pérez, C., 1985). Il convient de bien différencier les transmissions biologique et mécanique. Une transmission biologique suppose que l'agent pathogène subisse chez le vecteur un cycle évolutif pour un parasite ou au moins une multiplication pour un virus ou une bactérie. Une transmission mécanique n'implique pas de transformation de l'agent pathogène qui est transmis à l'occasion de deux repas sanguins séparés par un très faible intervalle de temps (repas interrompu). Cette absence de modification chez le vecteur entraîne une spécificité parasitaire quasi nulle.

L'efficacité d'un vecteur peut être approchée par le calcul de la capacité vectorielle¹. Ce terme décrit les relations dynamiques entre les vecteurs d'agents pathogènes et les hôtes vertébrés. La capacité vectorielle représente la somme de différents phénomènes, à savoir l'aptitude du vecteur à s'infecter, à assurer le développement du pathogène et à le transmettre. Ces notions comprennent à la fois la susceptibilité du vecteur déterminant sa compétence vectorielle² et des facteurs écologiques (intrinsèques et extrinsèques) qui permettent la rencontre écologique du vecteur et de l'hôte, c'est à dire les préférences trophiques, la fréquence des repas, la longévité du vecteur, la durée d'incubation extrinsèque³, la densité de la population vectorielle, sa dispersion... Des essais de modélisation permettent de quantifier la capacité vectorielle en fonction des différents facteurs dont elle dépend.

¹ La capacité vectorielle est le nombre de piqûres infectantes reçus par jour par un seul hôte (Eldridge, B. F., 2000).

² La compétence vectorielle est la capacité d'un vecteur nourri sur repas infecté à devenir infectant. Elle est déterminée au laboratoire pour une population de vecteur et une souche d'agent pathogène. Elle est conditionnée par l'existence de différentes barrières mécaniques, physico-chimiques et génétiques et traduit le degré de co-évolution vecteur-agent pathogène.

³ La période d'incubation extrinsèque est la durée séparant un repas infecté de l'acquisition de l'infectivité. Elle dépend très fortement de la température et doit être mise en rapport avec la longévité du vecteur.

La capacité vectorielle varie largement à la fois spatialement et temporellement. Il convient lorsqu'on étudie un système vecteur-hôte-parasite d'avoir une démarche globale, s'intéressant à tous les facteurs influençant la capacité vectorielle, une situation épidémiologique étant rarement généralisable. C'est pourquoi il sera décrit pour la trypanosomose animale les interactions parasites-vecteurs, hôtes-parasites et vecteurs-hôtes.

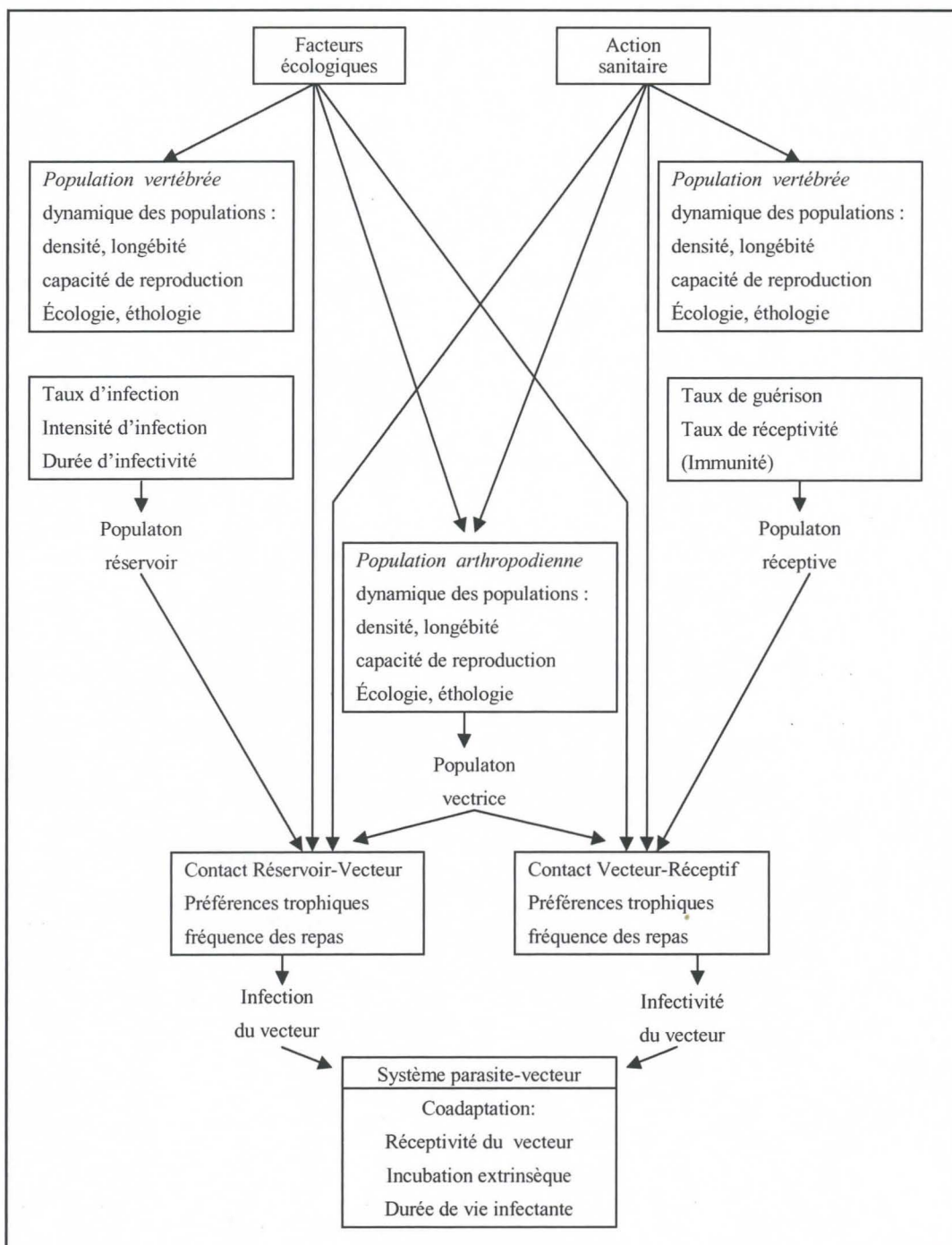


Figure 1 : complexité du système épidémiologique de transmission vectorielle d'après Rodhain, F. et Pérez, C., 1985.

I. 2. Les parasites, leurs hôtes : des maladies

I. 2. 1. Les trypanosomes

I. 2. 1. 1. Généralités

Les trypanosomes sont des protozoaires du genre *Trypanosoma*. Ils sont de forme allongée, leur locomotion étant assurée par un seul flagelle dirigé vers l'avant, dont la structure basale est le kinétoplaste. La forme et la taille des trypanosomes varient selon le genre, et le stade de développement dans le vecteur ou l'hôte vertébré (voir figures 2 et 3).

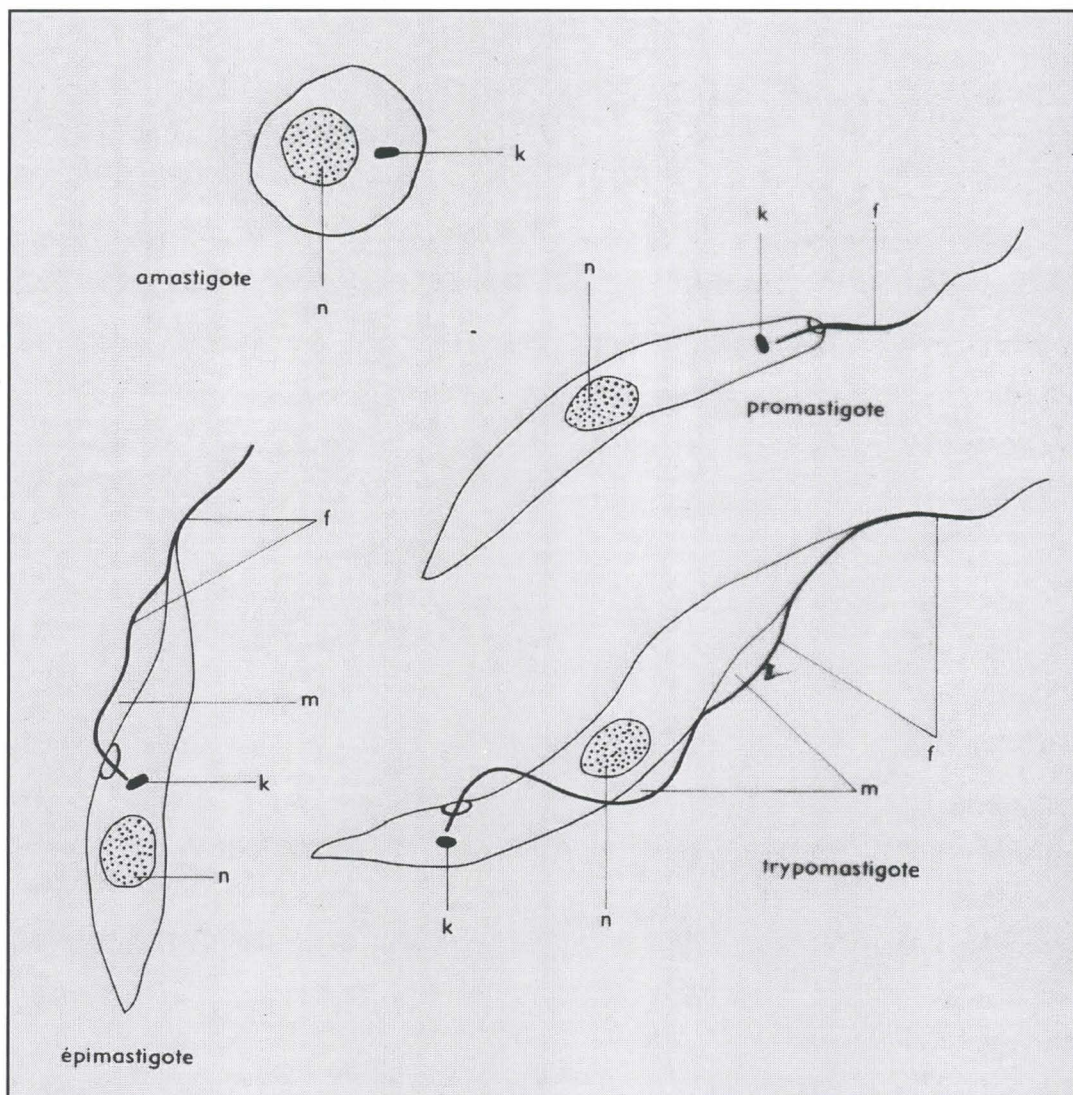


Figure 2 : principaux types morphologiques d'évolution des Trypanosomatidés, avec n pour noyau, k pour kinétoplaste, f pour flagelle et m pour membrane ondulante (Troncy, P. M. *et al.*, 1981).

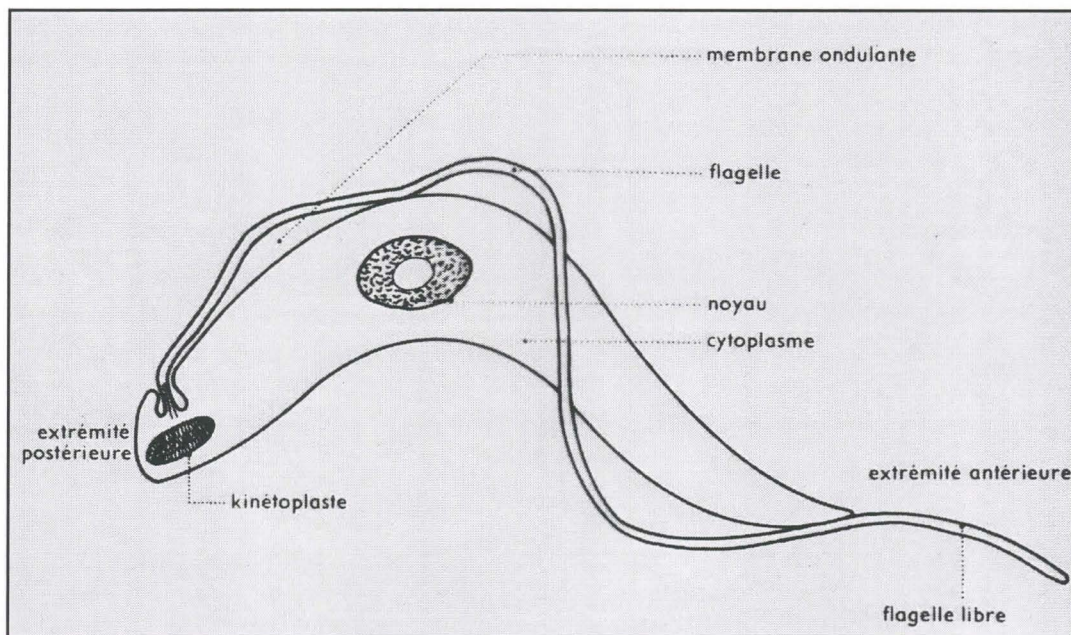


Figure 3 : morphologie générale d'un trypanosome d'après Troncy, P. M. et al., 1981.

La position systématique des différents trypanosomes est présentée par la figure 4.

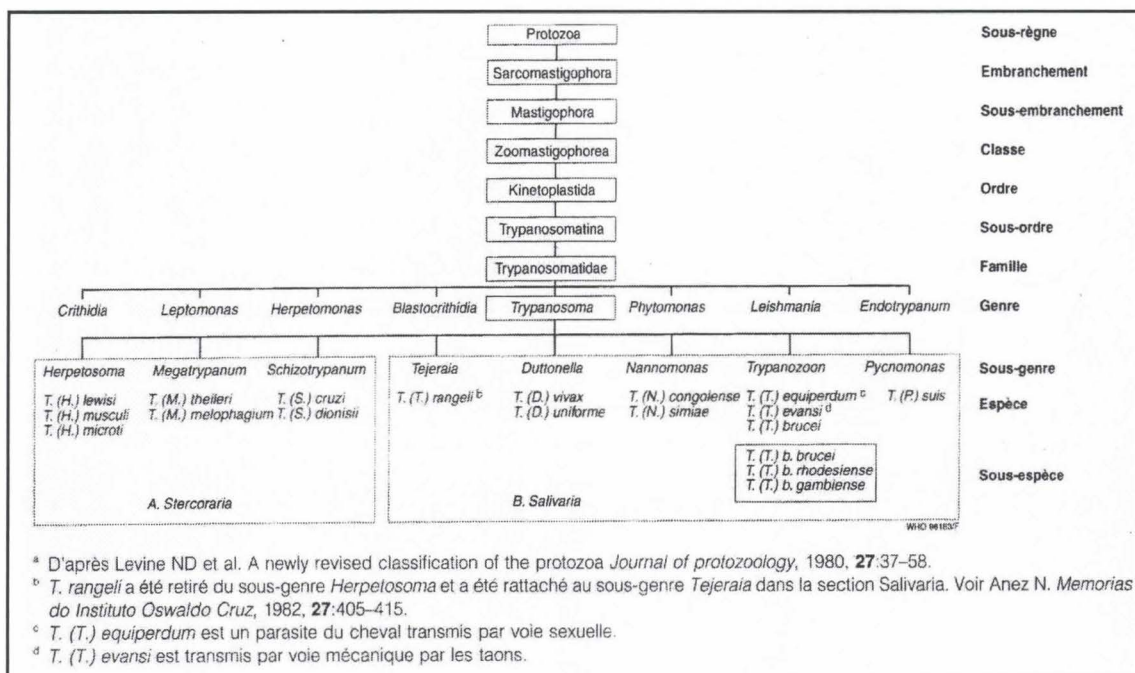


Figure 4 : classification des trypanosomes parasites des mammifères ^a (OMS, 1998).

I. 2. 1. 2. Les différents trypanosomes

Ce sont des parasites obligatoires, le plus souvent à deux hôtes. Il convient de distinguer deux modalités d'évolution et de transmission qui déterminent deux groupes de trypanosomes. Ce sont la section des *Stercoraria* dont l'évolution chez le vecteur se situe en région postrétrograde de l'intestin où se trouve les formes infectantes et la section des *Salivaria* dont le cycle évolutif se réalise dans les parties antérieures du tube digestif (intestin moyen, proventricule, trompe, glandes salivaires).

I. 2. 1. 2. 1. La section des *Stercoraria*

La section des *Stercoraria* comprend, entre autre, le sous-genre *Megatrypanum* auquel appartiennent différentes espèces de trypanosomes réputés non pathogènes et le sous-genre *Schizotrypanum* dont l'espèce type est *Trypanosoma cruzi* provoquant la maladie de Chagas transmise par des hémiptères, les Triatomines de la famille des *Reduviidae*. La transmission se fait par contamination de la peau par les fèces du vecteur qui contiennent les formes infectantes. Ces formes infectantes pénètrent activement à travers la peau ou les muqueuses ou à la faveur de la piqûre de l'insecte.

I. 2. 1. 2. 2. La section des *Salivaria*

La transmission est effectuée par inoculation lorsque le vecteur injecte sa salive au moment de la piqûre. Cette section comprend tous les trypanosomes pathogènes d'Afrique, dont la plupart sont transmis par les glossines. On peut diviser cette section en quatre sous-genres en fonction du cycle évolutif effectué chez la glossine.

I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre *Duttonella*

Il comprend comme espèce principale *Trypanosoma vivax*. Ce trypanosome de grande taille (18 à 31 µm) possède chez le vertébré un flagelle libre, un gros kinétoplaste terminal ou subterminal et une membrane ondulante peu développée. Il est caractérisé entre lame et lamelle par une grande mobilité à l'état frais.

T. vivax se développe uniquement dans le proboscis des glossines. Les formes épimastigotes ingérées qui n'ont pas été capables de se fixer au labre ou à l'œsophage dégénèrent dans l'intestin. Après multiplication les épimastigotes envahissent l'hypopharynx

pour donner des formes trypomastigotes métacycliques infectantes. Ce cycle dure de 5 à 13 jours selon la température, en moyenne 10 jours.

T. vivax atteint essentiellement les ruminants domestiques, les équidés et les camélidés. Toutes les espèces de glossines sont susceptibles de le transmettre. De plus *T. vivax* est facilement transmis mécaniquement par les Stomoxes et les Tabanidés (Otte, M. J. et Abuabara, J. Y., 1991 ; Mihok, S. *et al.*, 1995). Sa répartition est donc plus large que celle des glossines. Ainsi *T. vivax* est présent en région sahélienne en dehors de la zone à glossine, aux Indes et en Amérique Centrale et du Sud.

I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre *Nannomonas*

Il comprend comme espèce principale *Trypanosoma congolense*. Ce trypanosome de petite taille (8 à 24 μm) est typiquement sans flagelle libre chez le vertébré. Il possède une membrane ondulante peu développée et un kinétoplaste de taille moyenne en position marginale et subterminale. Entre lame et lamelle, à l'état frais il effectue des mouvements en virgule essentiellement sur place.

Les formes trypomastigotes ingérées deviennent des formes trypomastigotes procycliques qui se multiplient dans la portion moyenne de l'intestin, dans l'espace endopéritrophique en trois à quatre jours. Ils gagnent ensuite l'extrémité postérieure de la membrane péritrophique qu'ils contournent pour se retrouver dans l'espace ectopéritrophique qu'ils remontent vers le proventricule, l'œsophage, le pharynx et le canal alimentaire. Ces formes se fixent au labre, devenant des formes épimastigotes qui rejoignent l'hypopharynx pour devenir des formes métatrypanosomes infectantes. Le cycle dure de 7 à 53 jours, en moyenne 14 jours.

T. congolense est présent dans toute la zone à glossines. Il infecte de nombreux mammifères : ruminants, équidés, camélidés, carnivores domestiques et suidés. La transmission mécanique est possible, sans que ce trypanosome n'ait pu quitter l'Afrique tropicale (Leunita Sumba, S. A. *et al.*, 1998).

I. 2. 1. 2. 2. 1. Le sous-genre *Trypanozoon*

Ce sous-genre comprend les sous-espèces de *Trypanosoma brucei*, dont deux sont pathogènes pour l'homme, *Trypanosoma evansi* et *Trypanosoma equiperdum*. *T. equiperdum* est transmis non vectoriellement par le coït, et *T. evansi* est transmis de façon uniquement mécanique par différents insectes hématophages en Afrique (Mihok, S. *et al.*, 1995), en Amérique du Sud et en Asie. Il ne sera ici décrit précisément que *T. brucei brucei*.

T. brucei brucei est un trypanosome pléomorphe, qui présente trois formes différentes dans le sang des vertébrés : une forme longue (23 à 30 µm) qui présente un long flagelle libre, une forme courte (17 à 22 µm) qui ne présente pas de flagelle libre et une forme intermédiaire (20 à 25 µm) qui présente un flagelle de taille intermédiaire. Ces trois formes présentent un petit kinétoplaste subterminal et une membrane ondulante bien développée.

Seules les formes courtes ingérées par le vecteur peuvent s'y développer. Les formes courtes se retrouvent dans l'espace endopéritrophique puis migrent vers l'extrémité postérieure de la membrane périthrophique et se transforment dans l'espace ectopéritrophique en formes trypomastigotes procycliques. Il y a là une multiplication active constituant « une réserve » autolimitée de trypanosomes. Une partie de ces formes gagnent le proventricule pour devenir des formes mésocycliques qui ne se divisent plus. Ces formes remontent jusqu'au proboscis où elles deviennent des formes épimastigotes, qui coloniseront ensuite les glandes salivaires pour y subir multiplication et différenciation en formes métacycliques infectantes. Ce cycle complexe dure en moyenne 30 jours.

T. brucei brucei est limité à l'aire de répartition des glossines, bien qu'il puisse être transmis mécaniquement (Mihok, S. *et al.*, 1995). Il n'est pas infectieux pour l'homme, mais virulent pour les équidés, les camélidés et les carnivores. Par contre *T. brucei brucei* est habituellement bénin pour les ruminants ou les porcs.

I. 2. 2. Les trypanosomoses

Les trypanosomoses sont des affections très différentes selon l'espèce de trypanosome considérée et l'espèce de vertébré atteinte. On peut isoler différentes entités : la dourine des équidés due à *T. equiperdum*, le surra des camélidés et équidés dû *T. evansi* et transmis mécaniquement et le nagana dû aux différents trypanosomes africains transmis cycliquement par les glossines (*T. vivax*, *T. congolense* et *T. brucei brucei*).

Après une période d'incubation variable, de quelques semaines à quelques mois, la trypanosomose se manifeste par des accès fébriles correspondant à des accès parasitaires, entrecoupés de périodes apyrétiques. Les signes associés sont une anémie, un amaigrissement rapide, des oedèmes, de la splénomégalie et des polyadénites. Les animaux présentent aussi des avortements, un tarissement de la production lactée, du pica, des signes oculaires (larmolement, kératite), éventuellement des signes nerveux (ataxie, parésie du train postérieur). A terme l'animal présente une cachexie, un décubitus qui aboutit à la mort.

T. congolense est le plus pathogène pour les bovins, avec une affection en général aiguë. *T. vivax* semble provoquer chez les bovins une affection moins aiguë avec des rémissions plus fréquentes. Enfin *T. brucei brucei* est rarement aiguë et ne provoque pas de symptômes nets.

I. 2. 3. Interactions hôte-parasite

La pathogénicité des trypanosomoses va être très différente en fonction de l'espèce ou de la souche parasitaire et de l'espèce ou de la race de l'hôte vertébré. De plus l'état sanitaire de l'individu infesté, notamment son état de nutrition ou l'existence d'infections concomitantes va influencer la réponse de l'individu à l'agression parasitaire.

La faune sauvage peut héberger diverses espèces de trypanosomes sans manifester de signes cliniques. Les taux d'infection sont généralement élevés et ces animaux peuvent représenter, dans les endroits où ils sont encore suffisamment abondants, des réservoirs, sources de parasites pour les animaux domestiques et l'homme. Cette tolérance à l'infection permet de penser que la faune sauvage représente les hôtes originels et naturels des trypanosomes.

De même les races taurines (N'Dama, Baoulés, Muturu, Lagunes...) soumises à la pression trypanosomienne depuis très longtemps présentent une trypanotolérance. La trypanotolérance étant la capacité à se développer et à produire dans un milieu infesté de glossines. Cette trypanotolérance semble être due à une réponse anticorps plus importante et plus durable contre les antigènes variants et invariants du parasite, mais aussi à une réponse antigénique forte vis à vis de protéines majeures de la pathogénicité (Authié, E. *et al.*, 1993 ; D'Ieteren, G. D. M. *et al.*, 1998). Comme la faune sauvage, ce bétail trypanotolérant peut jouer le rôle de réservoir pour le bétail trypanosensible.

Enfin les races trypanosensibles peuvent présenter des individus ayant des sensibilités différentes. Certaines situations peuvent entraîner la sortie de la maladie, comme un travail excessif ou une transhumance. De même l'état nutritionnel peut avoir une grande influence. En effet en fin de saison sèche, lorsque les ressources alimentaires sont insuffisantes, les animaux peuvent développer une maladie, alors qu'en saison humide, lorsque les ressources alimentaires sont suffisantes, les mêmes animaux peuvent surmonter leur parasitisme et devenir réservoir et source de parasites pour les autres.

Ces différentes interactions sont à l'origine de modifications dans l'épidémiologie de la trypanosomose au cours du temps et de l'espace.

I. 3. Les parasites, leurs vecteurs

Les trypanosomes africains peuvent être transmis soit mécaniquement par différents insectes hématophages, soit biologiquement par les glossines⁴.

I. 3. 1. Les vecteurs mécaniques

La transmission mécanique nécessite différentes caractéristiques du vecteur et de l'hôte pour être efficace. Les hôtes infectants et infectés doivent vivre en densité importante et avec un certain degré de promiscuité. En outre ils doivent être réceptifs au parasite et développer des parasitémies élevées. Une réaction de défense à la piqûre augmente la fréquence des repas interrompus nécessaires à la transmission mécanique. L'efficacité de la transmission mécanique augmente avec différentes particularités du vecteur : la taille du repas sanguin (augmente le temps nécessaire pour arriver à satiété), le niveau de douleur de la piqûre, le comportement de harcèlement et la densité des vecteurs (Foil, F. D., 1989).

I. 3. 1. 1. Les tabanidés

Les tabanidés sont des diptères brachycères orthorrhaphes de grande taille et de distribution cosmopolite. Les mâles sont floricoles, alors que les femelles sont hématophages. Ce sont des insectes présentant des yeux volumineux, holoptiques chez le mâle et dichoptiques chez la femelle. La famille des *Tabanidae* compte quelques 3 000 espèces dont celles qui présentent un intérêt médico-vétérinaire appartiennent aux genre *Chrysops*, *Haematopota*, *Atylotis*, *Ancala* et *Tabanus* (Rodhain, F. et Pérez, C., 1985), dont la morphologie est présentée figure 5.

Les œufs sont pondus dans des sols boueux ou sur la végétation surplombant le gîte larvaire toujours très humide. Après éclosion, les larves tombent et s'enfoncent dans le gîte larvaire. Le développement larvaire dure de 6 mois à 1 an en milieu tropical avec 7 à 10 stades larvaires. Du stade nymphal émergent mâles et femelles qui s'accouplent. Les femelles piquent surtout le jour les gros mammifères. Les repas sont presque toujours pris en plusieurs fois, les taons étant des piqueurs inquiets facilement dérangés (Magnarelli, L. A. et Anderson, J. F., 1980). Leur rôle dans la transmission mécanique est importante pour *T. vivax* ou *T. evansi* (Raymond, H. L., 1990). Le caractère très saisonnier de leur émergence entraîne des

⁴ Les glossines peuvent jouer aussi un rôle dans la transmission mécanique des trypanosomes (Moloo, S. K. *et al.*, 2000).

pullulations importantes qui assurent une efficacité dans la transmission mécanique des trypanosomes.

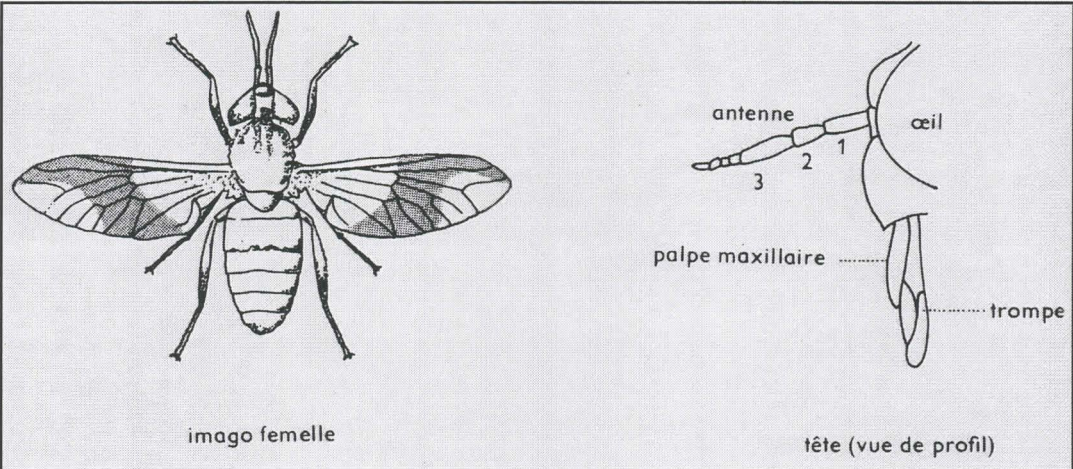


Figure 5 a : *Chrysops* : morphologie d'un imago femelle et profil de la tête (Troncy, P. M., 1981).

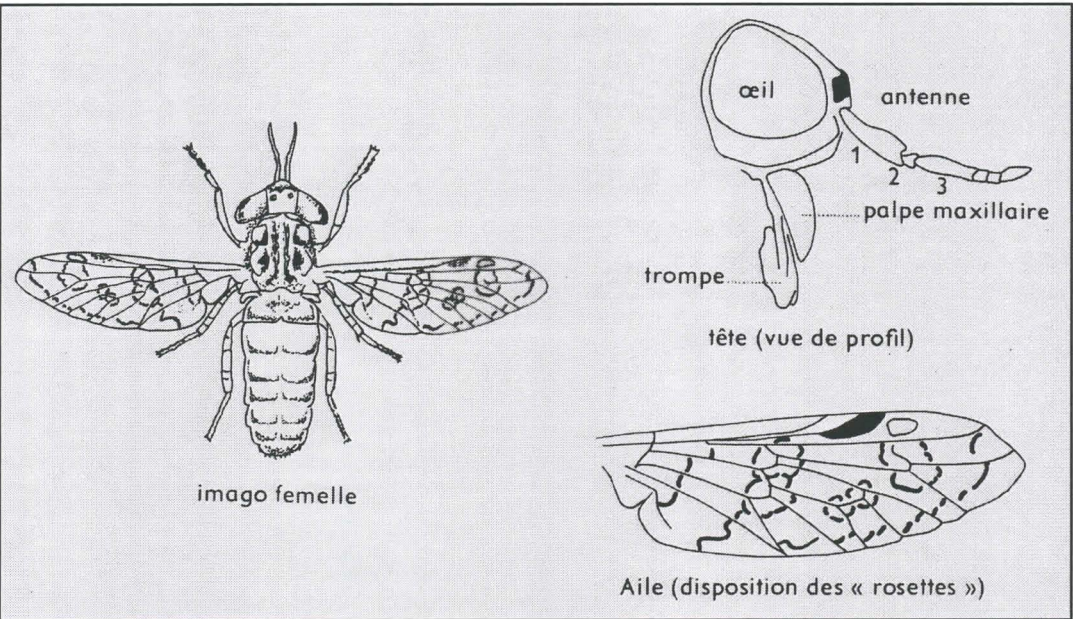


Figure 5 b : *Haematopota* : imago femelle, profil de la tête et aile (Troncy, P. M., 1981).

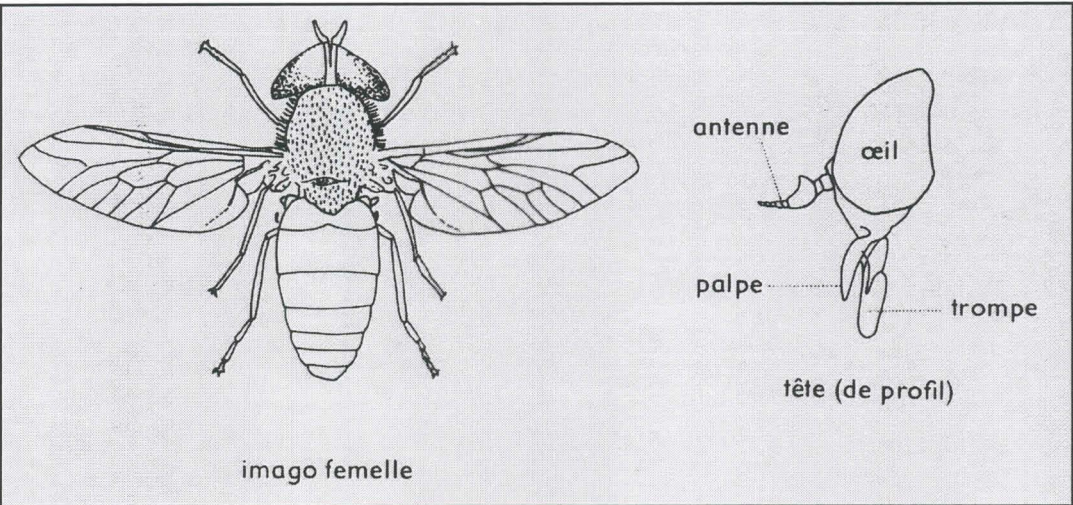


Figure 5 c : *Tabanus* : morphologie d'un imago femelle et profil de la tête (Troncy, P. M., 1981).

I. 3. 1. 2. Les stomoxyinés

Les stomoxyinés sont des diptères brachycères cyclorrhaphes, appartenant dans la famille des *Muscidae* à la sous-famille des *Stomoxysinae*, qui comprend les genres *Stomoxys*, *Haematobia*, et *Haematobosca*. Ces diptères hématophages dans les deux sexes ont une morphologie rappelant les mouches domestiques mais avec un appareil piqueur vulnérant (voir figure 6).

Les œufs sont pondus dans les matières en décomposition. Après éclosion se succèdent trois stades larvaires et un stade pupal. Le cycle dure au total de 15 jours à 1 mois (Rodhain, F. et Pérez, C. 1985).

Ces diptères piquent essentiellement les bovidés et équidés domestiques, souvent très abondants dans les étables et autour des troupeaux. Leur comportement harcelant et la fréquence des repas interrompus en font des vecteurs mécaniques efficaces de *T. vivax*, de *T. evansi* et peut être de *T. congolense* (Leunita Sumba, A. et al., 1998).

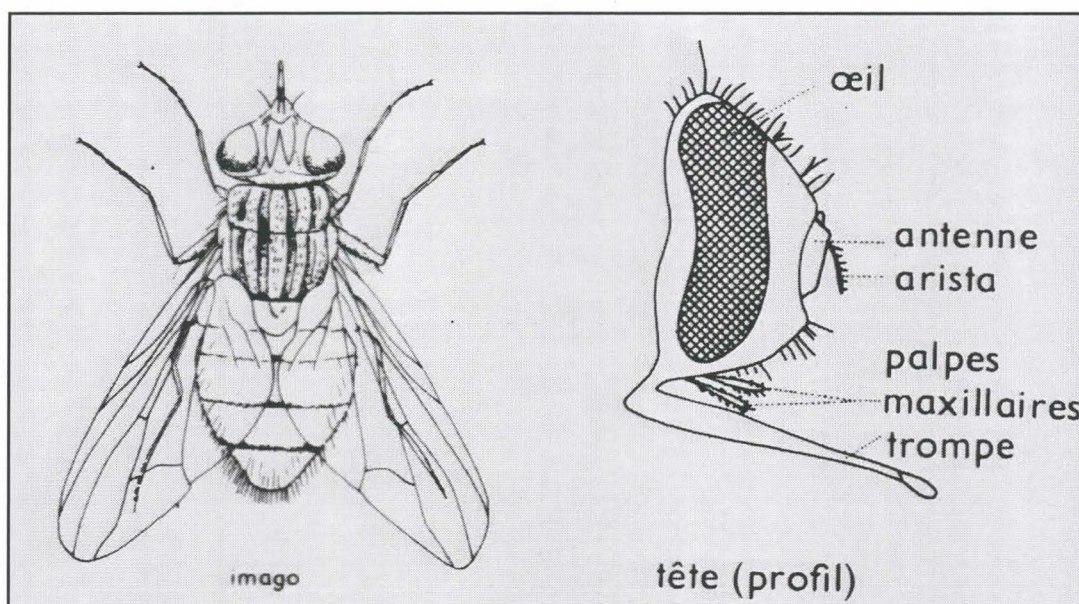


Figure 6 : morphologie des stomoxyinés (*Stomoxys calcitrans*) : adulte et tête de profil d'après Troncy, P. M. et al., 1981.

I. 3. 1. 3. Les hippoboscidés

Les hippoboscidés sont des diptères hématophages dans les deux sexes, ectoparasites des mammifères et des oiseaux. Ces diptères de la famille des *Hippoboscidae* sont aplatis dorso-ventralement, avec des pattes courtes et trapues, et des ailes qui peuvent être normalement développées, réduites ou totalement absentes (voir figure 7).

Ces insectes sont pupipares ; l'œuf et la larve se développent à l'intérieur du corps de la femelle qui dépose sur l'hôte une larve qui se transforme immédiatement en pupe.

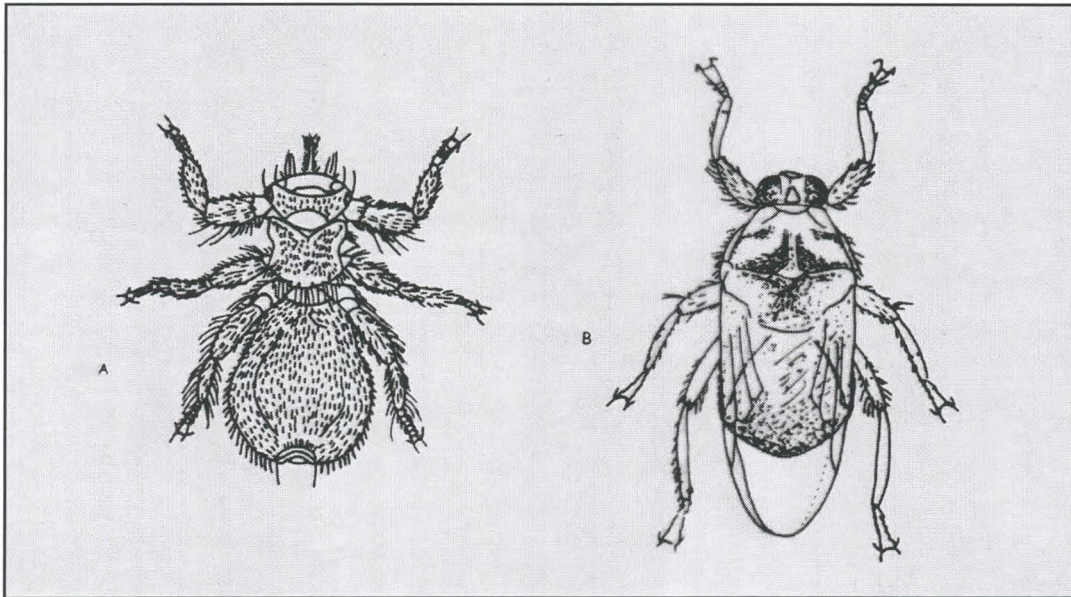


Figure 7 : morphologie des hippoboscides, A : *Melophagus ovinus* et B : *Hippobosca* sp. (Troncy, P. M. et al., 1981).

Melophagus ovinus assure la transmission de *T. melophagium*, trypanosome du mouton réputé non pathogène.

I. 3. 2. Les vecteurs cycliques : les glossines

I. 3. 2. 1. Systématique

Les glossines sont des diptères brachycères cyclorrhaphes de la famille des *Glossinidae*. Elles sont regroupées dans le genre unique des *Glossina*, que l'on subdivise en trois sous-genres ; *Austenina* (ancien groupe *fusca*), *Nemorhina* (ancien groupe *palpalis*) et *Glossina* (ancien groupe *morsitans*), facilement reconnaissables par l'armature génitale des mâles (voir figure 8).

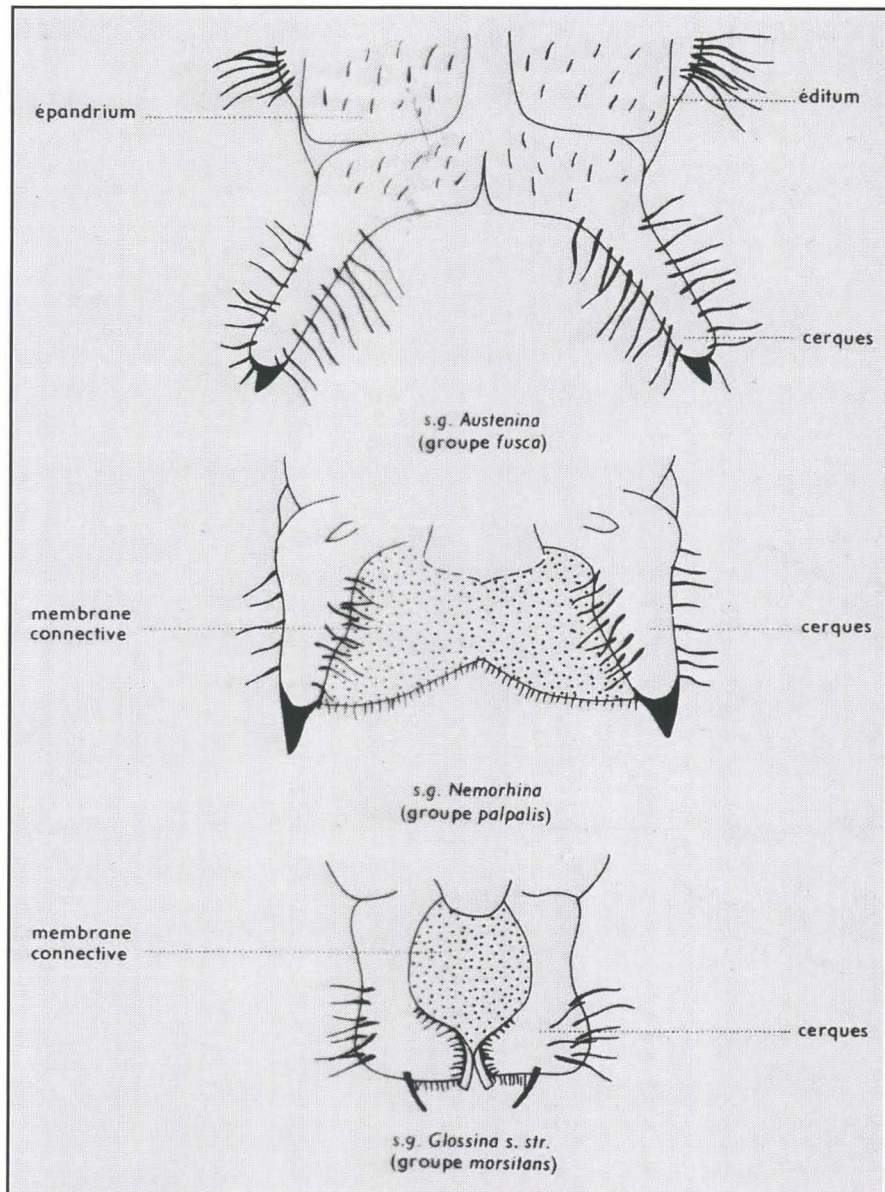


Figure 8 : cerques ou forcipules des 3 sous-genres de glossines (Itard, J., 1986).

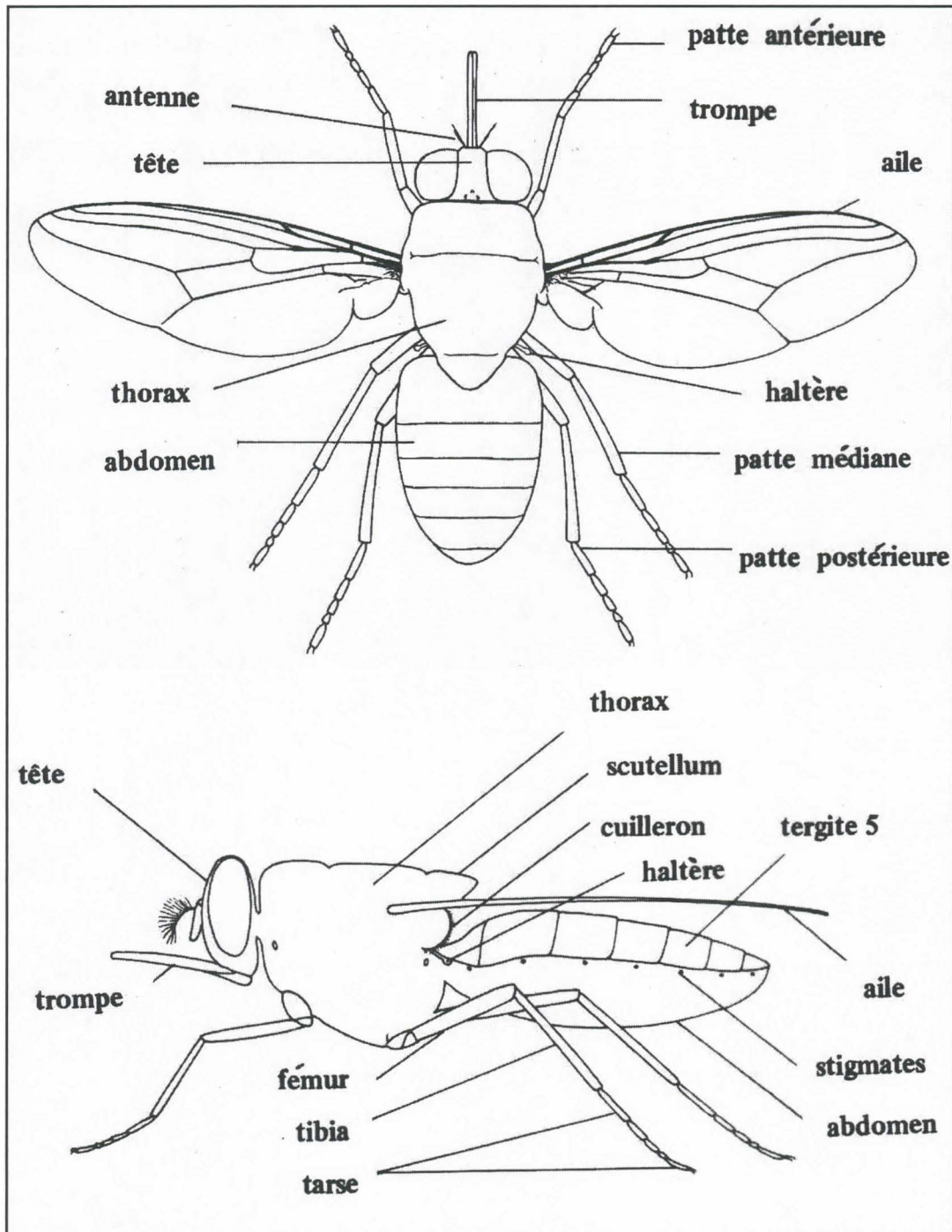
Le sous-genre *Austenina* rassemble 15 espèces ou sous-espèces vivant presque toutes en zone forestière (forêt ombrophile ou galeries-forestières larges et denses).

Le sous-genre *Nemorhina* rassemble 9 espèces ou sous-espèces qui sont des glossines riveraines habitant les cordons de végétation bordant les réseaux hydrographiques, les bois sacrés ou encore les plantations (café, cacao, manguiers, bananiers...).

Le sous-genre *Glossina* rassemble 7 espèces ou sous-espèces, qui fréquentent les savanes boisées et les fourrés denses.

I. 3. 2. 2. Morphologie

Les glossines sont des mouches allongées de 6 à 16 mm, de coloration brune noirâtre. Les mâles sont en général plus petits que les femelles. Leur morphologie générale est celle des mouches domestiques, dont elles se différencient par l'appareil buccal de type piqueur, les glossines étant hématoiphages dans les deux sexes (voir figure 9).





Photographie 2 : *G. palpalis gambiensis* vue de profil, taille réelle : 9.5 mm.



Photographie 4 : *G. tachinoïdes* vue de dessus, ailes écartées, taille réelle : 7.5 mm.



Photographie 3 : *G. palpalis gambiensis* vue de dessus, taille réelle : 9.5 mm.



Photographie 5 : *G. tachinoïdes* vue de profil, taille réelle 7.5 mm.

La tête comprend deux yeux composés associés à trois ocelles. Les antennes ont une forme caractéristique : elles sont composées de 3 articles, dont le troisième porte l'arista. La base des antennes est entourée par la suture ptilinale. Les pièces buccales sont composées du proboscis et des palpes maxillaires qui protègent la trompe. La trompe est composée de trois pièces : le labium et le labre qui associés définissent un canal alimentaire, et de l'hypopharynx qui est logé au milieu de la gouttière labiale (voir figure 10).

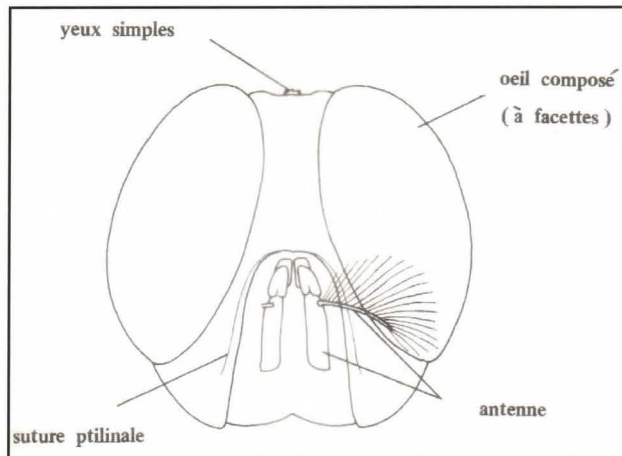


Figure 10 a : schéma de la tête d'une glossine vue de face d'après Pollock, J. N.



Photographie 6 : tête de *G. palpalis gambiensis* vue de face (x 10).

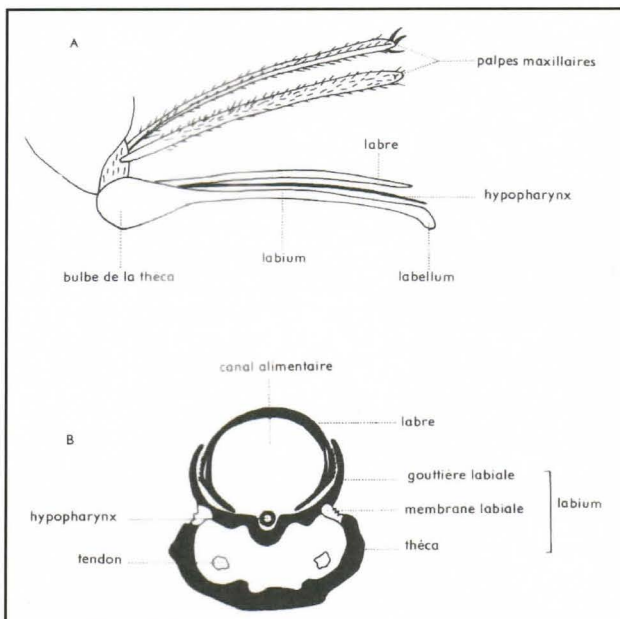
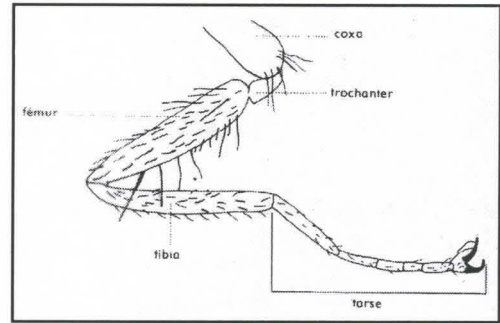
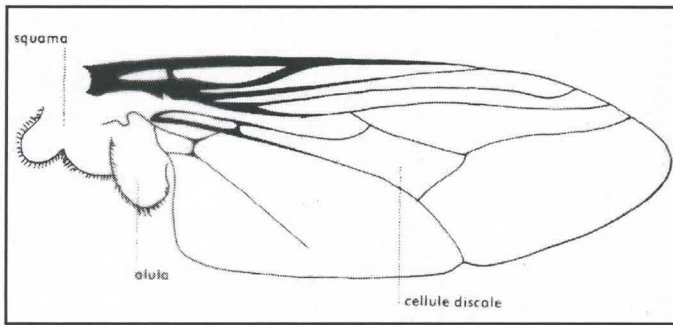


Figure 10 b : trompe de glossine ; A : vue de profil ; B : coupe transversale (Itard, J., 1986).



Photographie 7 : dissection du proboscis (x 40) ; séparation du labre, de l'hypopharynx et du labium.

Le thorax porte les stigmates respiratoires, une paire d'ailes caractérisées chez les glossines par la forme en hache de la cellule discale, une paire de balanciers et trois paires de pattes composées de la coxa, du trochanter, du fémur, du tibia et du tarse à cinq segments (voir figure 11).



Figures 11 a et b : appendices portés par le thorax d'une glossine ; aile et patte (Itard, J., 1986).

L'abdomen comprend 8 segments dont 7 sont visibles dorsalement. Le huitième segment porte les genitalia mâle et femelle, dont les caractéristiques sont utilisées pour la diagnose d'espèce et de sous-espèce. Le genitalia mâle a une organisation très complexe et fait saillie ventralement sur le huitième segment abdominal permettant de reconnaître à l'œil nu un mâle d'une femelle (voir figure 12).

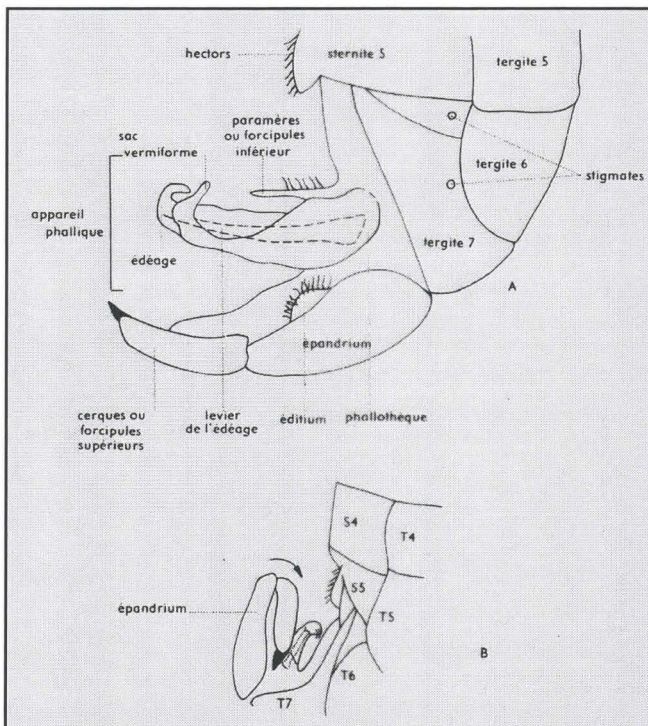


Figure 12 a : genitalia mâle de glossine ; A : en accouplement, B : au repos (Itard, J., 1986).

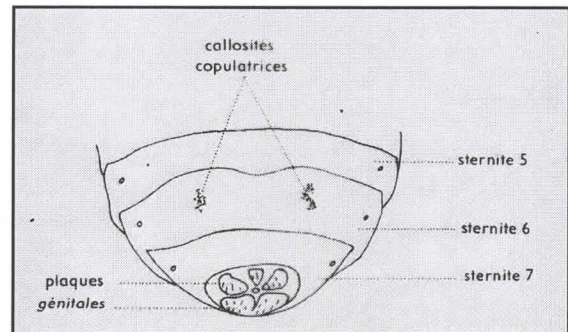


Figure 12 b : extrémité de l'abdomen d'une femelle (groupe *palpalis*) (Itard, J., 1986).

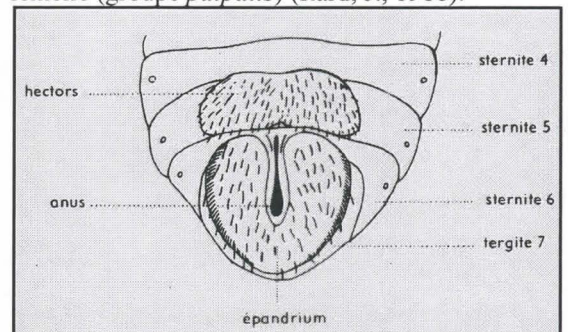


Figure 12 c : extrémité de l'abdomen d'un mâle (Itard, J., 1986).

I. 3. 2. 3. Le cycle de vie des glossines

La majorité des femelles est fécondée juste après l'éclosion, souvent avant même le premier repas. Il y a généralement un seul accouplement dans la vie de la glossine, le sperme étant stocké dans les spermathèques. L'accouplement est long et dure de 30 à 180 minutes.



Photographie 8 : accouplement de *G. palpalis gambiensis*, avec détail de la fixation du mâle (x 40).

Après fécondation l'œuf donne une larve de premier stade qui en 1 à 2 jours donne une larve de deuxième stade qui possède des lobes respiratoires postérieurs partiellement développés. La seconde mue larvaire aboutit à une larve de troisième stade qui possède des lobes polypneustiques entièrement développés qui deviennent noirs. Le développement larvaire s'effectue dans le milieu intra-utérin en 9 à 10 jours, les glossines étant larvipares.



Photographie 9 : larve de troisième stade (à gauche) et pupa (à droite), taille 3 mm.

La première larviposition intervient chez la femelle vers le 18^{ème} jour. La femelle dépose la larve dans un milieu favorable, à l'ombre. La larve s'enfouit rapidement par reptation dans un sol généralement argileux-sablonneux. Après une vie libre courte (quelques minutes à 2 heures) la larve s'immobilise, durcit et son tégument brunit pour devenir une pupa. Les lieux de pupaison correspondent à des endroits avec un fort couvert végétal

(touffes de Mimosacées, racines aériennes, sous-bois denses...), qui sont à l'ombre avec un fort taux d'humidité. Néanmoins l'inondation des gîtes de ponte entraîne la mort des pupes. La pupaison dure de 20 à 80 jours selon la température du sol ; elle dure 30 jours à 25°C.

De la pupe émerge une mouche dite ténérale dont le corps est mou. L'émergence s'effectue par une fente circulaire réalisée grâce aux gonflements du ptilinum (voir figure 13). La mouche ténérale part ensuite à la recherche d'un hôte nourricier.

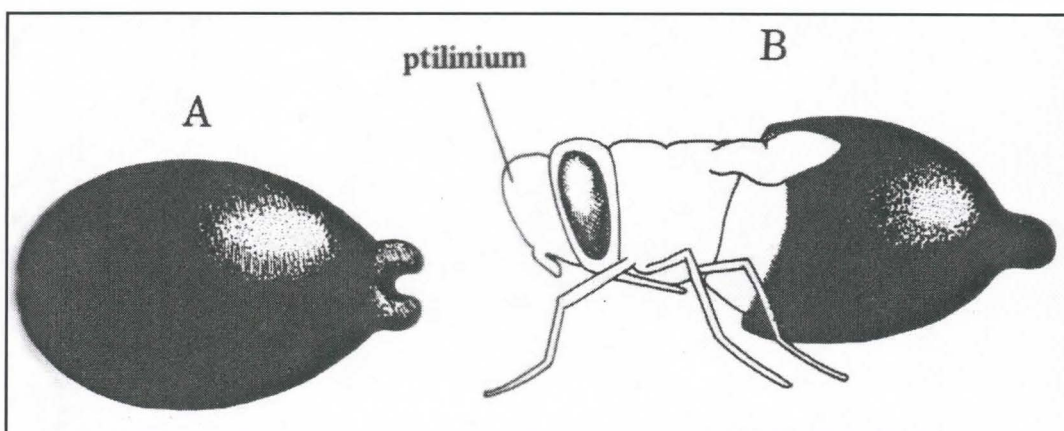


Figure 13 : Stade pupal et éclosion imaginale ; A : pupe et B : jeune mouche (imago) sortant de la pupe avec en avant de la tête le ptilinum gonflé (Pollock, J. N.).

I. 3. 2. 4. Les glossines et leur milieu

Les glossines se trouvent dans des environnements définis par quatre groupes de facteurs : le climat, la nourriture, les autres animaux et les organismes pathogènes. Chaque espèce ou sous-espèce de glossine nécessite pour ces différents facteurs un optimum qui permet un développement optimal. En s'écartant de ces optimi on attend pour chaque facteur des limites inférieures et supérieures de tolérance. *Cette adaptation écologique et héréditaire de l'espèce à l'ensemble complexe du milieu, du temps et de l'espace constitue « la base des réactions »* (Challier, A., 1973). Dans les habitats des glossines, température, humidité, lumière et nourriture devront varier dans des limites viables pour l'espèce considérée.

Ainsi la limite de distribution des glossines est corrélée à différents facteurs abiotiques, essentiellement la température et la pluviométrie. Les limites nord de distribution de *G. palpalis gambiensis* et de *G. tachinoïdes* sont associées respectivement à l'isohyète 1 000 mm et à l'isohyète 760 mm (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c). Les facteurs abiotiques agissent notamment sur les stades pré-imaginaux ; en dessous de 16°C il n'y a plus de développement pupal, la limite supérieure de température viable pour les pupes étant de 45°C. La température est corrélée négativement avec la longévité, la durée du développement larvaire ou pupal et la durée entre l'émergence et la première larviposition. L'humidité intervient en limitant le développement pupal sous une limite de 40 % ; elle est corrélée positivement avec la longévité et la dispersion. Ces différents facteurs permettent alors de définir les habitats des glossines, mais aussi d'expliquer les dynamiques de populations observées. Connaissant ces différentes limites, il est possible de définir l'ambit de chaque espèce ou sous-espèce de

glossine. L'ambit étant défini par Jackson en 1941 *comme l'espace assez bien défini dans lequel se meut la glossine durant sa vie* (Challier, A., 1973). La glossine se déplace selon des mouvements de va-et-vient pour se nourrir, se reproduire ou trouver un lieu de repos. Chaque ambit pourra ainsi être divisé en lieux de repos, gîtes de reproduction et terrains de chasse. La description des différents ambits se fera essentiellement pour les deux espèces de glossines rencontrées dans notre étude, à savoir *G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoïdes*.

I. 3. 2. 4. 1. L'ambit

G. tachinoïdes se retrouve dans des galeries forestières étroites, plus ou moins ouvertes, constituées de bandes de végétations étroites et souvent arbustives à *Mimosa pigra* et *Morelia senegalensis*, dans des bas-fond à *Mitragyna inermis*, ou encore dans des habitats péri-domestiques (bananeraies, mangueraies, ...). *G. palpalis gambiensis* se retrouve dans la végétation dense des galeries forestières bien protégées avec un lit de rivière bien dégagé. Ce milieu très protégé permet d'amortir les variations du macroclimat, pour maintenir des conditions écoclimatiques et écidioclimatiques⁵ pratiquement constantes. La présence permanente d'eau courante, stagnante ou souterraine entretient l'humidité atmosphérique et celle du sol (De La Rocque, S., 1997). Challier décrit pour *G. palpalis gambiensis* en 1973 suivant des critères morphopédologiques différents types de gîtes en zone de savane soudanienne ; les gîtes de sources, de ruisseaux, de grandes rivières et de fleuves, de forêts reliques et de rives des lacs et des mares.

I. 3. 2. 4. 2. Les gîtes de pont

Les lieux de ponts varient selon la saison, dispersés en saison des pluies dans les endroits exondés protégés ; ils se concentrent le reste de l'année dans des gîtes localisés, de sol sableux ou argileux. Les pupes de *G. tachinoïdes* se rencontrent dans des endroits protégés de l'insolation par des voûtes végétales peu élevées de *Mitragyna* et *Morelia*. L'ombre n'est pas toujours très dense au niveau des gîtes de pont qui sont faciles d'accès et fréquentés par des animaux sauvages. En saison sèche chaude les pupes sont concentrées dans des dépressions à sous-sol encore humide, en bordure de gîte, sous des plantes serrées comme *Mimosa pigra* (Gruvel, J., 1974). Les pupes de *G. palpalis gambiensis* se trouvent au cœur de la galerie sous les troncs morts ou entre les racines aériennes, dans des milieux à forte humidité (70 %), toujours proche de l'eau.

⁵ Le macroclimat est le climat dont les éléments sont mesurés dans les stations météorologiques régionales alors que l'écoclimat est celui qui caractérise par exemple un sous-bois, une grotte... L'écidioclimat est le climat de l'environnement immédiat de l'animal (Challier, A., 1973).

I. 3. 2. 4. 3. Les lieux de repos

Les lieux de repos diurnes de *G. tachinoïdes* sont constitués par les parties inférieures des troncs et branches basses, ainsi que les cavités des arbres. Ces points de repos sont toujours ombragés et protégés du vent, mais au bord de clairières ou de coulées de gibier. En période de chaleur intense les glossines se replient dans les massifs de *Mimosa pigra*. La nuit elles se situent sur les parties extérieures feuillues des arbres du gîte ou sur les plantes basses de bordure (Gruvel, J., 1974). *G. palpalis gambiensis* recherche le jour des lieux sombres et abrités, soit à la face inférieure des feuilles, soit à la base des troncs d'arbre ou dans les anfractuosités. La nuit elle semble choisir des lieux proches du sol, dans la partie la plus basse de la galerie, près de l'eau sur l'extrémité des plantes basses (Challier, A., 1973).

I. 3. 2. 4. 4. Les terrains de chasse

Pour les glossines de savane du sous-genre *Glossina*, il existe une véritable distinction entre habitat réel, caractérisé par la présence de mouche au repos dans la végétation et les terrains de chasse, qui sont des endroits dégagés pour le vol et la visibilité (Challier, A., 1973). Pour les glossines riveraines la distinction est plus difficile. On peut considérer les clairières, lisières, lits des cours d'eau, sentiers, gués, baignades et plages comme des terrains de chasse de *G. palpalis gambiensis* (Challier, A., 1973). De même les sous-bois dégagés, les sentiers et les coulées de gibier peuvent constituer pour *G. tachinoïdes* les terrains de chasse (Gruvel, J., 1974), de plus Gruvel observe une sortie hors du gîte tôt le matin ou tard le soir, qui pourrait être liée au suivi d'hôtes nourriciers hors du gîte.

I. 3. 2. 5. Les déplacement des glossines

Les glossines ne sont en activité que pendant moins d'une heure par jour, les femelles étant actives moins longtemps que les mâles. Le déplacement des glossines est lié à la recherche de nourriture, à la recherche de lieux de repos et aux nécessités de la reproduction. Néanmoins il est prudent d'avancer que certains insectes peuvent se déplacer sans but précis sous l'influence de stimuli externes. Les mouvements des glossines, toujours diurnes, sont déterminés par des facteurs abiotiques, essentiellement la température et la luminosité qui semble être les facteurs principaux (Challier, A., 1973). *G. tachinoïdes* présente une activité pour des températures comprises entre 18 et 40 °C, et une intensité lumineuse comprise entre 0.7 et 11 000 lux (Gruvel, J., 1975a). *G. palpalis gambiensis* présente une activité pour des températures supérieures à 16°C et une intensité lumineuse qui est celle observée au moment du lever et du coucher du soleil (Challier, A., 1973). Néanmoins les glossines ne sont pas actives quand il y a du vent ou de la pluie, la faim accroissant l'activité. Ainsi le cycle

quotidien d'activité est grossièrement bimodal en saison chaude (activité le matin et en fin d'après-midi, repos pendant les heures chaudes), et unimodal en saison froide (activité au milieu de la journée). Les glossines se déplacent en vols courts, à une hauteur faible (environ 0.5 m) et à une vitesse assez élevée (5 m/sec). Les mouvements à l'intérieur d'une galerie forestière sont effectués par vols linéaires. Les déplacements sont multiples, tantôt vers l'amont, tantôt vers l'aval, s'annulant ou se cumulant (Cuisance, D. *et al.*, 1985). Même si on considère la moyenne de déplacement de la population comme faible (200 à 300 m), certains individus peuvent franchir de grandes distances (22 km en 5 jours pour *G. palpalis gambiensis* et 17 km en 3 jours pour *G. tachinoïdes*) le long du cours d'eau Cuisance, D. *et al.*, 1985). Cette partie de la population serait capable de parcourir de grandes distances hors du gîte, pouvant être à l'origine de la colonisation de nouveaux gîtes. De tels déplacements sont observés par Challier pour *G. palpalis gambiensis* (Challier, A., 1973) et par Gruvel pour *G. tachinoïdes* qui serait capable de changer de gîte plusieurs fois dans l'année (Gruvel, J., 1974). Pendant la saison des pluies, on observe une dispersion radiaire des glossines riveraines dans la savane pouvant aller jusqu'à 2 kilomètres (Cuisance, D. *et al.*, 1985), ceci pouvant être considéré comme un élargissement de l'ambit.

I. 3. 2. Les interactions vecteur-parasite

Les cycles de développement des trypanosomes chez la glossine ont été décrits précédemment. L'infection de la glossine par des trypanosomes pourrait ne pas être sans conséquence pour le vecteur. En effet l'infection pourrait entraîner une augmentation du nombre de repas sanguins, une augmentation du nombre de sondages, mais aussi une diminution de la longévité et une spoliation énergétique. Les effets de l'infection seraient donc contradictoires en terme de conséquences sur le risque trypanosomien. Les variations de compétence vectorielle interspécifique ou intraspécifique en fonction des sous-espèces de trypanosomes semblent pouvoir être expliquées essentiellement par le rôle des lectines⁶. Ces glycoprotéines d'origine non immune semblent avoir un rôle ambivalent, en effet les lectines inhibent l'installation des trypanosomes dans l'intestin, mais sont nécessaires à la maturation de ces mêmes trypanosomes (Welburn, S. C. et Maudlin, I., 1999). Ces lectines, molécules trypanocides, peuvent être inhibées par différents sucres, notamment la D-glucosamine qui provient de la dégradation de la chitine. Or les endosymbiotes présents dans l'intestin des glossines produisent des endochitinases et des N-acétyl glucaminidases qui hydrolisent la

⁶ Les lectines sont des agglutinines sécrétées par les cellules de l'intestin moyen en réponse au sang ingéré et/ou à l'infection des trypanosomes.

chitine, accumulant des produits de dégradation capables d'inhiber l'action des lectines. Ainsi, pendant la vie larvaire et pupale, l'activité des endosymbiotes aboutit à l'accumulation de D-glucosamine et à l'inhibition des lectines. C'est pourquoi on considère classiquement que seule une glossine ténérale peut s'infecter, la prise du premier repas sanguin stimulant la production de lectines, qui atteindraient un taux supérieur à la capacité d'inhibition des endosymbiotes. L'utilisation d'inhibiteur de synthèse de la chitine comme moyen de lutte contre les glossines entraîne l'accumulation de produits de dégradation de la chitine, une inhibition de l'action des lectines, une augmentation du taux d'infection des glossines, mais en contre partie une absence de maturation des trypanosomes chez les glossines infectées (Halos, L., 2002).

I. 4. La rencontre vecteur, hôte, parasite

Les mouches du sous-genre *Nemorhina* restent localisées aux galeries forestières bordant le réseau hydrographique, ne se dispersant qu'à la saison des pluies. L'infection des animaux domestiques par les mouches du groupe *palpalis* ne peut se concevoir que si les animaux viennent à la rencontre des glossines en saison sèche. C'est pourquoi dans l'évaluation du risque trypanosomien apparaît la notion importante de « rendez-vous » entre la victime (l'animal sensible) et l'assassin (les glossines infectées).

I. 4. 1. Les préférences trophiques

Les glossines du sous-genre *Nemorhina* sont réputées opportunistes, se nourrissant sur les hôtes qui partagent leur habitat. Les préférences trophiques sont déduites de l'analyse par méthode ELISA des résidus de repas sanguin dans l'intestin des glossines capturées. L'analyse des repas sanguins montrent dans les différentes études que *G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoïdes* se nourrissent essentiellement sur les espèces présentes à disposition dans les forêts galerie. Chaque résultat donnant les préférences trophiques est donc à examiner dans une situation spatiale et temporelle donnée. Dans la forêt du Kou (ouest de Bobo Dioulasso, Burkina Faso) *G. palpalis gambiensis* se nourrit essentiellement (54 %) sur reptiles (varans et crocodiles), l'homme étant piqué fréquemment (26 %), et les bovidés étant piqués de façon non négligeable (15 %) (Challier, A., 1973). A l'endroit du piégeage, les reptiles sont largement disponibles, ne quittant jamais le bord de l'eau, les bovidés fréquentent régulièrement cet habitat comme point d'eau et lieu de repos, et l'homme mène dans cet endroit des activités de pêche, récolte de bois et baignade. Gruvel observe le même phénomène ; en effet *G. tachinoïdes* se nourrit préférentiellement sur les espèces qui

fréquentent le plus ses gîtes. Dans la réserve de Kalamaloué (région du bas-Chari, Tchad) *G. tachinoïdes* se nourrit sur bovidés (72 %, essentiellement sur guib harnaché *Tragelaphus scriptus*), sur suidés (12 %, uniquement sur phacochère, *Phacochoerus aethiopicus*) , sur homme (5 %) et sur reptiles (8 %) (Gruvel, J., 1974). Là encore la prise de repas se fait selon la disponibilité en hôte pendant cette saison, Gruvel estimant que les proportions de l'origine des repas sanguins vont varier au cours de l'année en même temps que la disponibilité en hôte. Dans la zone de Sidéradougou (Burkina Faso), les résultats obtenus confirment ces observations, en effet *G. tachinoïdes* se plus régulièrement sur ruminants que *G. palpalis gambiensis* (46.3 % contre 19.0 %), qui se nourrit essentiellement sur suidés et reptiles (respectivement 34.5 % et 40.5 % contre 15.4 % et 29.5 % pour *G. tachinoïdes*). Mais là encore, la répartition de la nature des repas sanguin varie le long du réseau hydrographique, de la même façon que la disponibilité en hôte (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c). Ces résultats montrent l'importance de l'estimation de l'intensité des interfaces entre les glossines infectées et les hôtes réceptifs dans l'analyse de l'épidémiologie de la trypanosomose.

I. 4. 2. L'interface spatio-temporelle, glossines / bovins

Pendant la saison sèche, les points d'eau sont rares et représentés essentiellement par le réseau hydrographique où se concentrent les glossines riveraines. La rencontre entre glossines et bovins se réalise au moment de l'abreuvement des animaux. Pendant la saison des pluies, l'abreuvement n'est plus la contrainte principale, de nombreuses collections s'étant créées en dehors du réseau hydrographique. Les animaux ne fréquentent plus automatiquement les points d'abreuvement du réseau hydrographique, par contre si le milieu est favorable, les glossines peuvent se disperser dans la savane avoisinante et aller à la rencontre des bovins jusqu'au campement (De La Rocque, S., *et al.*, 1999). Dans un milieu défavorable à la dispersion des glossines hors du réseau hydrographique même en saison des pluies, De La Rocque montre, dans la zone de Péfrou, une différence d'incidence parasitaire selon le point d'abreuvement. Dans les troupeaux dont le campement est proche du Tolé (cours d'eau) et dont le point d'abreuvement est situé sur le Tolé, l'incidence parasitaire est importante toute l'année. Par contre dans les troupeaux dont le campement est éloigné du Tolé et dont le point d'abreuvement est représenté par le puits familial l'incidence parasitaire est pratiquement nulle tout au long de l'année (De La Rocque, S., *et al.*, 1999). Ces résultats montrent l'importance de la prise en compte des caractéristiques socioculturelles des pratiques d'élevage pour la compréhension de l'épidémiologie de la trypanosomose.

Deuxième partie : présentation de la zone agropastorale de Sidéradougou

Deuxième partie : présentation de la zone agropastorale de Sidéradougou

I. 1. Généralités sur la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la moitié nord de la zone agropastorale de Sidéradougou située au sud de Bobo Dioulasso au Burkina Faso ($11^{\circ}10' N$, $4^{\circ}19' W$, 434 m).

Elle se situe au pied des falaises de Banfora et bénéficie d'un climat soudanien. Ce climat entraîne l'alternance d'une saison sèche de 7 mois (d'octobre à avril) et d'une saison des pluies durant 5 mois, pendant laquelle sont regroupés en moyenne les 1100 mm de pluie de chaque année (voir figure 14 a).

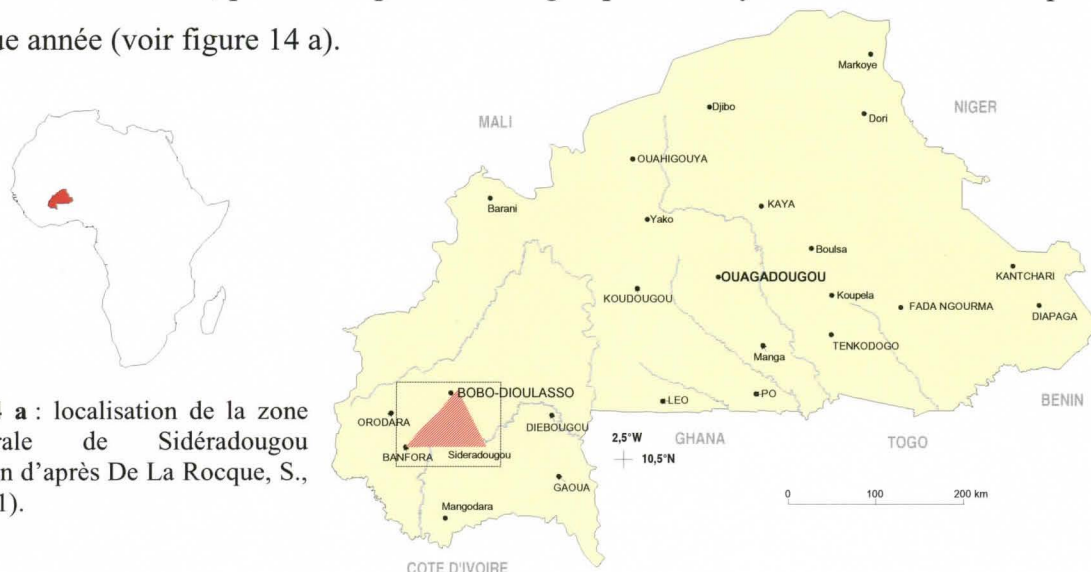
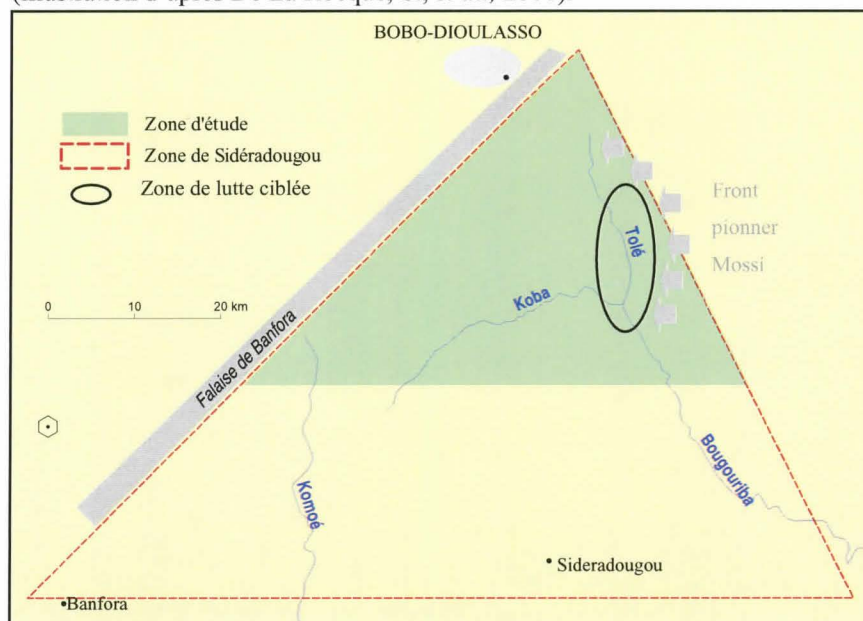


Figure 14 a : localisation de la zone agropastorale de Sidéradougou (illustration d'après De La Rocque, S., *et al.*, 2001).

Figure 14 b : présentation de la zone agropastorale de Sidéradougou (illustration d'après De La Rocque, S., *et al.*, 2001).



Le réseau hydrographique de la zone est constitué de deux cours d'eau principaux, le Koba et le Tolé, alimentés par différents affluents. Le Tolé se jette dans le Koba définissant pour ce dernier deux branches ; une partie amont et une partie aval de

l'intersection des deux. Cette zone agropastorale est fortement occupée par l'homme. Elle correspond à un front pionnier des agriculteurs Mossi qui pratiquent une agriculture vivrière et cotonnière. Le front pionnier se concentre dans la partie est de la zone, c'est à dire le long du Tolé et le long de la partie aval du Koba (voir figure 14 b).

Le Tolé subit de fortes dégradations liées à la croissante pression anthropique. Le défrichement et la réduction des jachères diminuent la couverture herbacée favorisant le ruissellement et l'érosion. Les pluies plus agressives modifient la nature des sols, entraînant l'érosion en nappe puis en rigole.

Lorsque les cultures sont proches du cours d'eau, le ruissellement provoque l'effondrement des rives et le déracinement des arbres, entraînant des trouées dans la couverture arborée (De La Rocque, S. *et al.*, 2001a). Le paysage rencontré le long de ce cours d'eau est essentiellement de **type cordon ripicole étroit bordé de cultures ou de savanes lâches, ou de galeries étroites bordées de savanes arbustives ou arborées lâches.**

La partie aval du Koba subit aussi la forte pression anthropique, mais bénéficie de la protection d'une formation morphopédologique particulière, les terrasses jaunes. Ces sols difficilement cultivables constituent une bande de protection autour des galeries forestières, empêchant les cultures de s'implanter aux abords du cours d'eau. Ce dernier étant plus large dans la partie aval du Koba, on trouve un paysage composé essentiellement de **galeries larges bordées de savanes herbeuses ou arborées.**

La partie amont du Koba ne bénéficie pas de la protection des terrasses jaunes, mais ne subit pas une contrainte anthropique aussi forte. Le paysage rencontré est le même que celui déjà décrit pour le Tolé. Dans la partie terminale de cette branche du Koba, commencent les terrasses jaunes et les paysages rencontrés sont les mêmes que ceux décrits pour la partie aval du Koba.

La mise en relation grâce aux outils SIG, des paysages des formations ripicoles, des densités de mouches présentes, des densités de bovins, et des pratiques socioculturelles d'élevage ont permis d'identifier le long de ce réseau hydrographique les points épidémiologiquement dangereux (technique décrite plus en détail dans l'introduction, et illustrée en figure 15). Il convient de s'intéresser successivement à ces différentes composantes.

Les deux espèces de glossines rencontrées dans cette zone sont confinées au réseau hydrographique. Les rivières de galeries fermées sont les structures les plus favorables pour ces deux espèces, mais *G. tachinoïdes* s'accommode mieux des milieux lâches et ouverts que *G. palpalis gambiensis*. Ainsi la forte pression anthropique le long du Tolé a entraîné la raréfaction de *G. palpalis gambiensis* entre 1982 et 1995, qui ne subsiste que dans la partie sud du Tolé, alors que les densités de *G. tachinoïdes* se sont maintenues ou ont augmentées dans la partie aval du Tolé. Le long du Koba on retrouve les deux espèces de glossines, déjà présentes en 1982 ; la tendance étant entre 1982 et 1995 à une augmentation de la densité des deux espèces le long du Koba (De La Rocque, S., 1997).

Le front pionnier est fréquenté par des ethnies locales anciennement installées (Bobo, Tiefo...) qui possèdent quelques bovins de trait pour une production essentiellement vivrière et aussi par des agropasteurs Mossi nouvellement arrivés qui possèdent au départ quelques bovins de trait pour la culture cotonnière, et acquièrent en quelques années des animaux d'élevage, jusqu'à atteindre des troupeaux d'une vingtaine de bovins. La zone agropastorale est occupée aussi par différents éleveurs Peuls qui se sédentarisent. Ils possèdent des troupeaux importants, et sont localisés en îlots sur l'ensemble de la zone, essentiellement là où la pression agricole est faible, c'est à dire au pied des falaises et dans la partie sud de la zone (De La Rocque, S. *et al.*, 1999). Cette zone connaît ainsi une forte densité de bovins.

Le type d'élevage pratiqué par les agriculteurs autochtones ou par les agroéleveurs mossi présente peu de contrainte, le troupeau étant généralement confié à un enfant de la famille. Les bêtes pâturent à proximité de la concession, et s'abreuvent aux puisards creusés dans le lit de la rivière pour les campements installés près de la rivière (moins de deux kilomètres) et aux puits familiaux pour les concessions installées loin de la rivière (plus de deux kilomètres). Deux situations bien distinctes se présentent. Les concessions situées loin du cours d'eau ne voient pas leurs animaux fréquenter la rivière et la rencontre avec des glossines est exceptionnelle (De La Rocque, S. *et al.*, 1999).

Pour les animaux gardés à proximité des cours d'eau, leur lieu d'abreuvement est constitué par la rivière où la rencontre avec les glossines est très fréquente. On se retrouve dans une situation épidémiologiquement dangereuse avec une forte densité de bovins, rencontrant fréquemment les glossines, même en densité apparente faible mais infectées par des trypanosomes pathogènes comme *T. vivax*, *T. congolense*, *T. brucei brucei* (Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998).

Dans la zone agropastorale de Sidéradougu, quatre sites vont nous intéresser. La zone de Bagouera située sur le Koba (à la rencontre avec le Tolé) considérée comme présentant un risque de transmission élevé, la zone de Sinogdjan située dans la partie amont du Tolé considérée comme présentant un risque élevé, la zone de Péfrou située entre les deux zones précédentes considérée comme présentant un risque moyen, et enfin la zone de Nyarafo située en amont du Koba et considérée comme présentant un risque élevé.

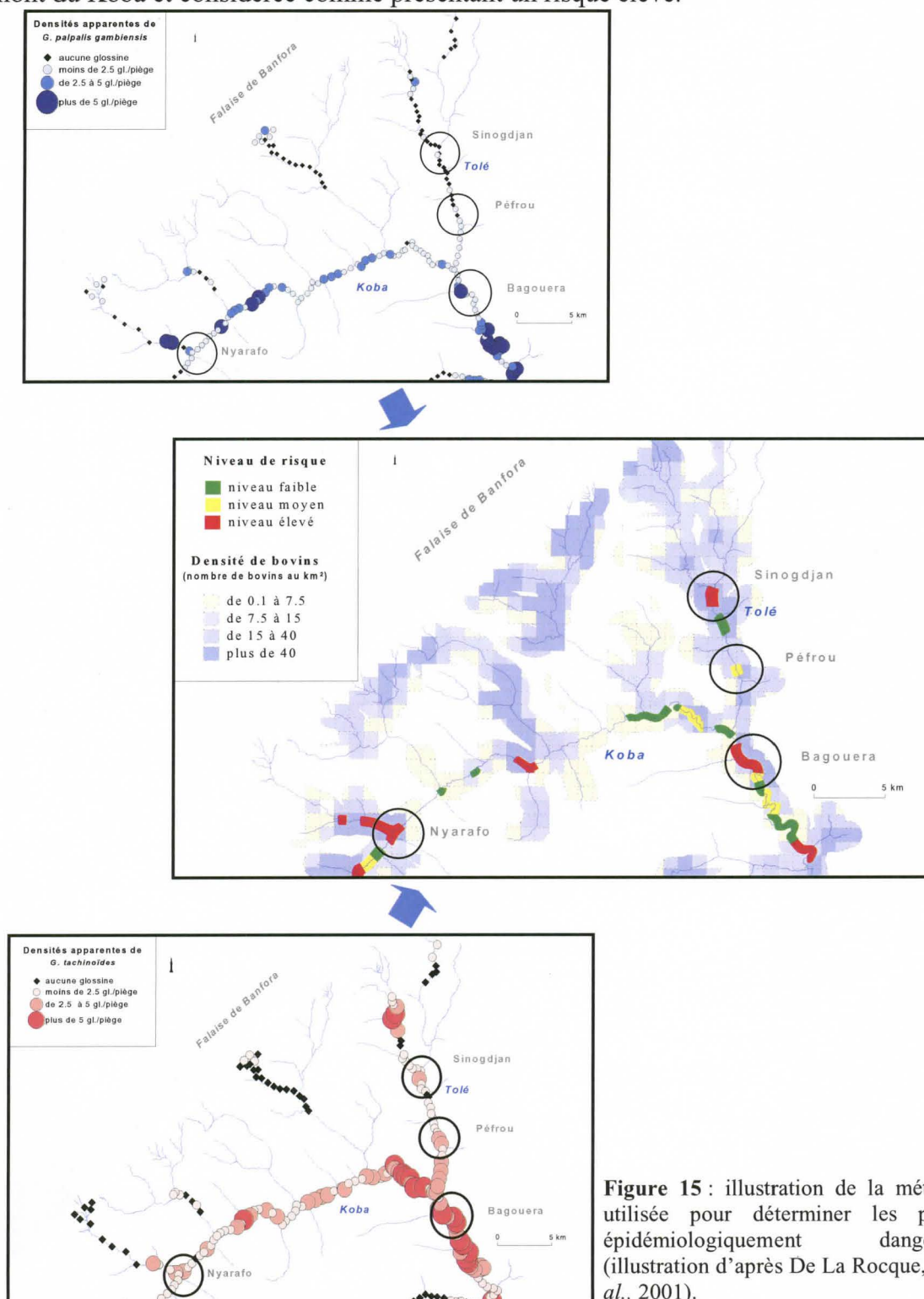


Figure 15 : illustration de la méthode utilisée pour déterminer les points épidémiologiquement dangereux (illustration d'après De La Rocque, S. et al., 2001).

II. 2. Etude précise de chaque zone

II. 2. 1. Zone 1 : la zone de Bagouera

La **zone de Bagouera** est occupée par des agriculteurs Bobo ou Tiefo possédant moins de 5 bovins par concession, par des agropasteurs Mossi possédant de 5 à 20 bovins par concession et par des éleveurs Peul possédant plus de 100 bovins, ne résidant pas dans la zone, mais la traversant (recensement Michel J.F., 1998 dans Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998). Cette zone comporte des **densités élevées de bovins** de 15 à plus de 40 bovins par km².

Les points d'abreuvement permanents situés sur le Koba sont intensément fréquentés.



Illustration d'après De La Rocque, S. *et al.*, 2001.

Le paysage de la zone est composé de **galeries larges bordées de savanes herbeuses ou arborées**. Le type de galeries rencontrées est soudano-guinéen (voir figure 16), où l'on rencontre par ordre d'importance essentiellement ces différentes espèces :

Vitex chrysocarpa, *Mitragyna inermis*, *Morelia senegalensis*, *Pterocarpus santalinoides*, *Syzygium guineense*, *Piliostigma thonningii*, *Ipomea sp.* et *Daniella oliveri*. De plus on rencontre de façon moins importante : *Guiera senegalensis*, *Diospyros mespiliformis*, *Mimosa pigra*, *Gardenia erubescens*, *Detarium microcarpum*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia laxiflora* et *Lannea acida*.



Photographie 10 : vue aérienne d'une galerie forestière comme rencontrée dans la zone de Bagouera (photographie de S. De La Rocque).

Cette zone abrite de densités apparentes moyennes de Glossines (*G. tachinoïdes* avec une DAP de **2.5 à plus de 5 glossines par pièges** et *G.*

palpalis gambiensis avec une DAP comprise entre **2.5 et 5 glossines par pièges**). Ces densités moyennes de glossines, en particulier la présence de *G. palpalis gambiensis* dans un milieu fortement modifié peut s'expliquer par la présence de terrasses jaunes au bord de la jonction Tolé Koba protégeant le lit de la rivière d'une trop grande modification de milieu.

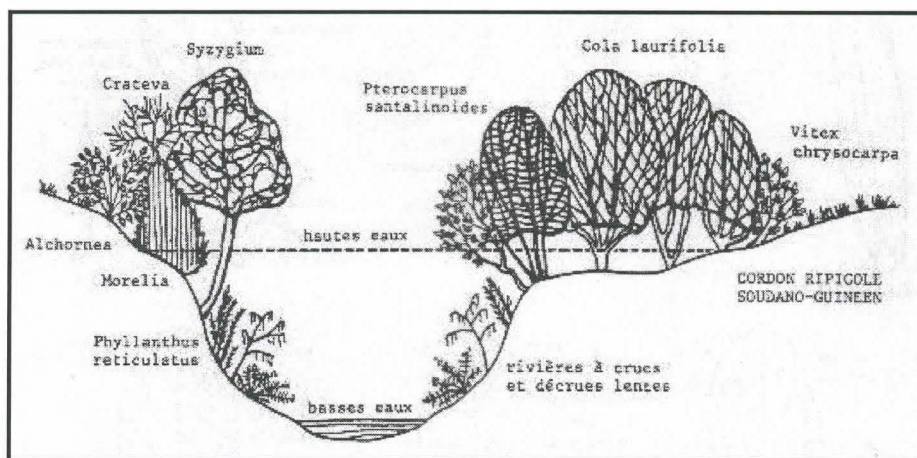


Figure 16 : représentation schématique des différents arbres et arbustes caractérisant la galerie soudano-guinéenne (Morel, P. C., 1978).

G. tachinoïdes est fortement infectée avec des taux d'infection des pièces buccales allant de moins de 15 % à 30 % et prend essentiellement ses repas sur bovins (39.7 % des repas sont pris sur bovins). *G. tachinoïdes* est essentiellement porteuse de trypanosomes pathogènes (sur les mouches infectées 58.4 % l'étaient à *T. vivax* identifié par PCR et 32.5 % à *T. congolense* type « savane ») (De La Rocque, S., *et al.*, 2001c). En conclusion **la densité de glossines porteuses de trypanosomes reconnus pathogènes est de 6.91 individus par km² de réseau hydrographique** (De La Rocque, S., 1997).

II. 2. 2. Zone 2 : la zone de Sinogdjan

La **zone de Sinogdjan** est occupée par des agriculteurs Tiéfo essentiellement possédant de 5 à 20 bovins par concession, par des agropasteurs Mossi possédant de quelques bovins à 50 par concession et par des éleveurs Peul possédant de 50 à plus de 100 bovins (recensement Michel J.F., 1998 dans Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998). Les densités de bovins dans cette zone sont très élevées, toujours largement **supérieures à 40 bovins par km²**.

La zone est composée de petites galeries de cordons ripicoles ou de bas fond bordés par des savanes **fortement anthropisées (savanes arbustives et cultures)** et de **zones intensément cultivées**. C'est une zone en pleine évolution. Le type de galeries rencontré est soudanien (voir figure 17), avec comme espèces principalement rencontrées par ordre d'importance : *Acacia seyal*, *Mitragyna inermis*, *Morelia senegalensis*, *Syzygium guineense* et *Terminalia laxiflora*. D'autres espèces moins fréquentes sont aussi rencontrées, à savoir : *Mimosa pigra*, *Vitex chrysocarpa*, *Landophila heudelotti*, *Piliostigma thonningii*, *Bridelia micrantha*, *Butyrospermum paradoxum*, *Rhus natalensis*, *Annona senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Dichrostachys cinerea* et *Nauclea latifolia*.

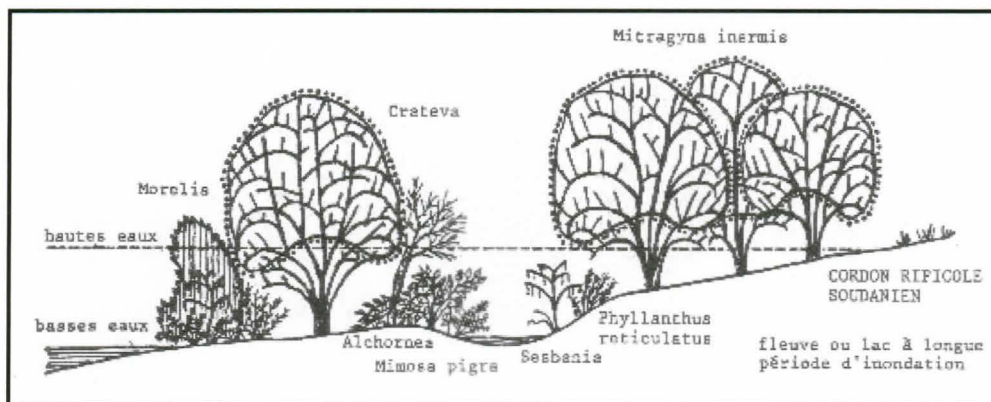


Figure 17 :
représentation
schématique des
différents arbres et
arbustes
caractérisant la
galerie
soudanienne
(Morel, P. C.,
1978).

G. palpalis gambiensis a presque entièrement disparu de la région. Elle est présente avec des DAP très faibles (**moins de 2.5 glossines par piège**), mais aucune *G. palpalis gambiensis* n'a été retrouvée infectée. *G. tachinoïdes* est présente avec des **DAP faibles de moins de 2.5 glossines par piège**. Le taux d'infection semble très faible. Néanmoins cette zone est considérée comme présentant un risque élevé, les densités de bovins étant très importantes et *G. tachinoïdes* toujours présente.

II. 2. 3. Zone 3 : la zone de Péfrou

La **zone de Péfrou** est occupée par des agriculteurs Bobo essentiellement possédant moins de 5 bovins par concession, et par des éleveurs Peul possédant plus de 100 bovins (recensement Michel J.F., 1998 dans Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998). Les densités de bovins présents dans la zone sont **en moyenne de 15 à 40 bovins par km²**.

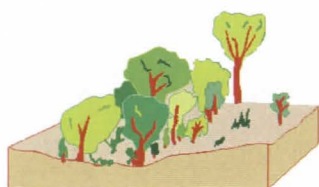


Illustration d'après De La
Rocque, S. et al. 2001c.

La zone est composée de **paysages de galeries étroites, de cordons ripicoles étroits bordés de cultures ou de savanes lâches, arbustives ou arborées**. Le type de galeries rencontré est soudano-guinéen, avec comme espèces principalement rencontrées par ordre d'importance : *Syzygium guineense*, *Morelia senegalensis*, *Rhus natalensis*, *Mitragyna inermis* et *Mimosa pigra*. D'autres espèces moins fréquentes sont aussi rencontrées, à savoir : *Terminalia laxiflora*, *Piliostigma thonningii*, *Daniellia oliveri*, *Pterocarpus santalinoides*, *Diospyros mespiliformis*, *Annona senegalensis*, *Combretum paniculatum*, *Nauclea latifolia*, *Parkia biglobosa* et *Acacia seyal*.

G. palpalis gambiensis est présente avec des DAP moyennes (**de 2.5 à 5 glossines par piège en moyenne**), mais n'est jamais retrouvée infectée. *G. tachinoïdes* est présente avec des densités apparentes de **2.5 à 5 glossines par piège**. Dans les troupeaux qui fréquentent

régulièrement le cours d'eau la prévalence des infections à *T. vivax* et *T. congolense* est constante toute l'année. Les infections à *T. brucei brucei* sont aussi fréquentes. Les incidences sont importantes (10 à 15 % pour *T. congolense* durant la saison des pluies et la première partie de la saison sèche, ce qui correspond au pic de densité des glossines (De La Rocque, S., 1997).

II. 2. 4. La zone de Nyarafo

La **zone de Nyarafo** est fréquentée par des agriculteurs Bobo et Tiéfo, possédant de 5 à 20 bovins (recensement Michel J.F., 1998 dans Cuisance, D. et De La Rocque, S., 1998). La densité de bovins présents dans la zone est **de 7.5 à 15 bovins par km²**.

La zone est composée de **paysages de galeries étroites, de cordons ripicoles étroits bordés de cultures ou de savanes lâches, arbustives ou arborées**. Le type de galeries rencontré est soudano-guinéen, avec comme espèces principalement rencontrées par ordre d'importance : *Syzygium guineense*, *Morelia senegalensis*, *Terminalia laxiflora*, *Pterocarpus santalinoides*, *Anthostema senegalensis*, *Daniellia oliveri*, *Piliostigma thonningii* et *Vitex chrysocarpa*. D'autres espèces moins fréquentes sont aussi rencontrées, à savoir : *Albizia chevalieri*, *Lannea microcarpa*, *Annona senegalensis*, *Ficus capensis*, *Parkia biglobosa*, *Elaeis guineensis*, *Cochlosporum planchonii*, *Mimosa pigra*, *Pterocarpus erinaceus*, *Landolphia heudelotii*, *Bridelia micrantha* et *Pericopsis laxiflora*.

G. palpalis gambiensis est présente de façon régulière avec des densités moyennes de **moins de 2.5 glossines par piège**. *G. palpalis gambiensis* est retrouvée infectée à la fois au niveau des pièces buccales, et au niveau de l'intestin moyen, avec des **taux d'infection parfois importants (de 15 à 30 %)**. *G. tachinoïdes* est retrouvée avec des densités importantes, **de moins de 2.5 glossines par piège à 5 glossines par piège**. Les taux d'infection sont parfois importants (de 15 à 30 %), l'infection étant localisée aux pièces buccales dans 22.7 % des cas, contre 65.5 % dans l'intestin moyen. Les parasites identifiés sont dans **66.5 % des cas considérés comme des trypanosomes non pathogènes pour le bétail**. Néanmoins le site de Nyarafo peut être considéré comme présentant un risque élevé, une enquête de prévalence réalisée en mai 1997 indiquait que presque **trois quart des animaux étaient porteurs de trypanosomes**, 68 % des animaux étaient porteurs de *T. congolense* et 12 % de *T. vivax*.

**Troisième partie : lutte ciblée dans la zone
agropastorale de Sidéradougou**

Troisième partie : lutte ciblée dans la zone agropastorale de Sidéradougou

III. 1. Moyens de lutte

La lutte contre les trypanosomoses passe essentiellement par le contrôle du vecteur. Les moyens de lutte ont évolués au cours du temps ; aux tentatives de destructions des gîtes à glossines et de leurs hôtes nourriciers ont succédé l'épandage massif d'insecticides ou le lâcher de mâles stériles (Wall, R. et Langley, P., 1991 ; Politzar, H. et Cuisance, D., 1984).

A l'heure actuelle on recherche des moyens de lutte moins onéreux et plus compatibles avec le respect de l'environnement. Les systèmes de piégeage et les systèmes attractifs toxiques (SAT⁷) présentent des réponses de choix à ces impératifs.

Le piégeage a montré son efficacité pour prévenir la réinvasion de glossines dans une zone assainie au Burkina Faso (Politzar, H. et Cuisance, D., 1983) ou pour réduire la densité apparente de glossines en République Centrafrique (Gouteux, J. P. et Le Gall, F., 1992). Différentes formes de pièges sont disponibles, le piège biconique de Challier-Laveissière simplifié (Gouteux, J. P. *et al.*, 1978), le piège pyramidal de Gouteux-Lancien (Gouteux, J. P. et Lancien, J., 1986), le piège bipyramidal (Gouteux, J. P. et Le Gall, F., 1992) ou encore le piège Vavoua (Laveissière, C. et Grébaut, P., 1990). L'efficacité de ces pièges dépend de leur forme, de leur couleur (le bleu roi étant très attractif), de la surface visible (Dagnogo, M. et Gouteux, J. P., 1985). Le rendement de ces pièges peut être amélioré par l'emploi de substances odorantes attractives comme l'acétone, l'acétone associée au CO₂, ou par d'autres cétones (2-butanone, 2-octanone) (Wall, R. et Langley, P., 1991 ; Flint, S. A., 1985 ; Kyorku, C. A. *et al.*, 1993).

La lutte contre les tsé-tsé est améliorée par l'imprégnation de pièges ou d'écrans par un insecticide. L'utilisation de pièges imprégnés d'insecticides a montré son efficacité dans la lutte contre les glossines riveraines de Côte d'Ivoire, diminuant les densité de glossines, leur âge physiologique, leur taux d'infection, et l'incidence de la trypanosomose dans la zone

⁷ Les SAT correspondent à un ensemble d'objets attractifs par leur forme, leur taille, leur couleur ou encore par adjonction de substances olfactives et rendus toxiques par la présence d'insecticide (Challier, A., 1984).

traîtée (Kupper, W. *et al.*, 1984). Dans une comparaison de l'efficacité de différentes familles d'insecticides employés sur des pièges et écrans pour assurer une barrière protectrice face à une pression de réinvasion des glossines riveraines au Burkina Faso, Cuisance et al. ont montré l'intérêt des pyréthrénoïdes de synthèse (Cuisance, D. et Politzar, H., 1983).

Une alternative plus économique à l'emploi de pièges imprégnés est l'utilisation d'écrans imprégnés d'insecticides. Là encore comme pour les pièges leur attractivité dépend de leur forme et de leur couleur (Filledier, J. et Politzar, H., 1985 ; Laveissière, C. *et al.*, 1987). L'utilisation d'écrans imprégnés de pyréthrénoïdes de synthèse a permis de diminuer fortement les densités apparentes de glossines riveraines au Burkina Faso ; les DAP chutant de 92,5% en moyenne pour *Glossina palpalis gambiensis* et de 88.1% pour *Glossina tachinoïdes* (Merot, P. *et al.*, 1984). L'utilisation de pyréthrénoïdes de synthèse permet d'obtenir un effet mortalité sur les glossines entrant en contact avec l'écran imprégné mais surtout un effet knock-down se manifestant de 10 à 40 minutes après contact de *Glossina morsitans submorsitans* avec un écran imprégné de deltaméthrine et persistant 3 à 5 heures rendant les glossines très vulnérables aux prédateurs et aux insulations (Schoenefeld, A., 1983). La persistance de l'effet 100 % de mortalité d'écrans imprégnés de deltaméthrine est de 2 mois et l'effet knock-down persiste 4 mois. Ces durées peuvent être augmentées par l'emploi de formulation huileuse (Langley, P. A. *et al.*, 1992).

L'efficacité de ces dispositifs est maximale pendant la période sèche après les feux de brousse et la diminution du niveau des eaux et avant les premières pluies (Schoenefeld, A., 1983 ; Merot, P. *et al.*, 1984), en effet le principal problème des écrans imprégnés est le lessivage de l'insecticide pendant la saison des pluies. Cet effet peut être limité par des substances lipophiles qui augmentent la persistance de la deltaméthrine (Hussain, M. et Perschke, H., 1991).

Une autre possibilité est l'utilisation pendant la saison des pluies d'insecticides en pour-on à appliquer sur les animaux de la zone traitée. Les insecticides utilisés sont essentiellement des pyréthrénoïdes de synthèse en particulier la deltaméthrine et la fluméthrine. L'utilisation de pour-on de deltaméthrine a permis d'améliorer la lutte contre les glossines. Au Zanzibar elle a permis de diminuer la densité de mouches présentes, d'augmenter l'hématocrite moyen et de diminuer l'incidence de la trypanosomose animale (Thomson, J. W. *et al.*, 1991). Au

Zimbabwe elle a permis d'installer une zone tampon permettant le contrôle de la réinvasion par des glossines de la zone indemne (Thomson, J. W. et Wilson, A., 1992). L'application topique de pyréthrénoïdes de synthèse a les mêmes avantages que l'emploi d'écrans imprégnés, à savoir un effet mortalité sur les mouches entrant en contact avec les bovins (Bauer, B. *et al.*, 1992a). La deltaméthrine en application pour on a été utilisée avec succès au Burkina Faso pour lutter contre *G. palpalis gambiensis* et *G. morsitans submorsitans* (Bauer, B. *et al.*, 1995). L'utilisation de fluméthrine a aussi montré son efficacité au Kenya contre *Glossina pallidipes* (Löhr, K. F. *et al.*, 1991), et contre *G. palpalis gambiensis*, *G. tachinoïdes* et *G. morsitans submorsitans* au Burkina Faso (Bauer, B. *et al.*, 1992b).

Le principal inconvénient de l'utilisation d'insecticide est que même si elle permet la diminution rapide des densités de glossines, elle n'atteint pas les glossines qui ne se posent pas sur les SAT. Dans ce cas l'emploi d'inhibiteurs de synthèse de la chitine présente un certain intérêt. Ces inhibiteurs comme le triflumuron ou le diflubenzuron à forte dose inhibent la reproduction et à plus faible dose entraînent la formation de larves malformées et augmentent le nombre d'avortons et de larves qui ne pupifient pas (Jordan, A. M., 1981). L'avantage de ces substances est la possibilité de dissémination du produit par les mâles qui se posent sur les écrans imprégnés et contaminent les femelles auxquelles ils s'accouplent (Langley, P. A., 1995). Les mâles se posant moins de 2 minutes sont capables de transmettre le produit pendant 48 heures, et s'ils restent plus de 5 minutes, ils gardent cette capacité pendant plusieurs jours. Pour les femelles, une exposition d'1 à 30 secondes suffit à modifier le taux d'avortement (Langley, P. A., 1995). L'utilisation d'écrans imprégnés de triflumuron à Nazinga au Burkina Faso en 1996 a permis de modifier la structure par âge des populations des glossines, dont la proportion de mouches âgées de moins de 30 jours est passée de 37.1 % à 9.1 % pour *Glossina morsitans submorsitans* et de 16.7 % à 0 pour *Glossina tachinoïdes* (Bauer, B. *et al.*, non publié).

III. 2. La lutte dans chaque zone

Le principe de la lutte est l'utilisation à Sinogdjan et à Bagouera de SAT, à savoir pendant la saison sèche l'utilisation d'écrans imprégnés d'insecticide ou d'inhibiteurs de synthèse de la chitine et pendant la saison des pluies l'utilisation de pour-on pendant la saison des pluies. La zone de Péfrou n'est pas traitée, elle va permettre de voir l'évolution de la

situation en l'absence de lutte, mais à proximité de deux zones de lutte. La zone de Nyarafo ne subit pas de lutte, ne devrait pas subir d'influence de la lutte, la zone de Nyarafo étant située assez loin des sites de lutte.

III. 2. 1. Zone 1 : la zone de Bagouera

Dans la zone de Bagouera des écrans sont disposés le long du cours d'eau du Koba tous



Photographie 11 : écran imprégné disposé le long du cours d'eau (photographie de S. De La Rocque).

les 100 m sur 2 à 3 kilomètres. Ces écrans sont constitués de simples pans de tissus de couleur bleu composés de 67 % de polyester et de 33 % de coton. Ils mesurent 70 cm de large pour 1 m de haut. Ils sont fixés entre le sol et une branche d'arbre à environ 70 cm du sol. Des fentes sont pratiquées dans le tissu de manière à limiter la résistance aux vents et à augmenter la durée d'utilisation. Ils sont placés à

proximité de l'eau dans des endroits dégagés pour assurer une bonne visibilité.

Ces écrans doivent être imprégnés tous les 4 mois. Ils ont été imprégnés une première fois avec une solution insecticide de β -cyfluthrine (TEMPO SC 125ND BAYER) en février 2001 de manière à avoir un effet direct sur la densité des glossines riveraines, ils ont été réimprégnés en juin 2001 avec une solution à 3 % de triflumuron (STARYCIDE 480ND BAYER). Ils seront ensuite réimprégnés tous les 4 mois.

Les bovins présents dans cette zone sont traités par application de pour-on de solution insecticide de fluméthrine (BAYTICOLND BAYER). L'application est réalisée pendant la saison des pluies une fois par mois de juin à septembre 2001 et de juin à septembre 2002. Il était initialement prévu de traiter l'ensemble des bovins de chaque zone mais des difficultés d'approvisionnement ont conduit à limiter les applications lors des deux premières applications aux troupeaux sentinelles, par la suite l'ensemble des bovins de la zone a pu être traité. L'utilisation de pour-on pendant la saison des pluies permet de surmonter la diminution du rendement des écrans, liée à la montée de la végétation et des eaux qui les rendent moins

visibles et moins attractifs. De plus les glossines sont plus largement dispersées dans le milieu. Enfin les éleveurs sont particulièrement intéressés par l'utilisation de pour-on qui sont efficaces contre les tiques, dont l'infestation par les adultes est maximale pendant la saison des pluies. L'utilisation de pour-on permet d'espérer une bonne participation des éleveurs au protocole.

III. 2. 2. Zone 2 : la zone de Sinogdjan

Des écrans imprégnés de solution de β -cyfluthrine semblables à ceux précédemment décrits sont disposés de la même façon le long du Tolé. Ils sont imprégnés à partir de février 2001 puis tous les 4 mois toujours avec la même solution d'insecticide.

Les bovins de la zone sont traités avec du Bayticol de la même manière que ceux de la zone précédente.

III. 2. 3. Zone 3 : la zone de Péfrou

Dans cette zone aucune lutte vectorielle n'est réalisée. Cependant pour s'assurer du suivi du protocole les bovins sont traités tous les mois à l'amitraz (Tactic ND) en saison des pluies pour prévenir l'infestation des tiques. Ce produit n'ayant pas de rémanence il n'aura pas de conséquence sur le site de Péfrou.

III. 2. 4. Zone 4 : la zone de Nyarafo

Dans cette zone aucune intervention n'est effectuée. En effet, contrairement à la zone de Péfrou, le protocole n'implique pas les éleveurs, et les bovins de la zone ne subissent aucun traitement et ne seront pas suivis.

	<i>Année 2000</i>	<i>Année 2001</i>		<i>Année 2002</i>	
	<i>Octobre - janvier</i>	<i>Février - mai</i>	<i>Juin - septembre</i>	<i>Octobre-mai</i>	<i>Juin-septembre</i>
Site de Bagouera	<i>Observations</i>		Pour-on de fluméthrine		Pour-on de fluméthrine
	<i>Pièges sentinelles</i>	Ecrans de β -cyfluthrine	Ecrans imprégnés de Triflumuron		
Site de Sinogdjan	<i>Observations</i>		Pour-on de fluméthrine		Pour-on de fluméthrine
	<i>Pièges sentinelles</i>	Ecrans imprégnés de β -cyfluthrine			
Site de Péfrou	<i>Observations / pièges sentinelles</i>		Applications Tactic		Applications Tactic
Site de Nyarafo	<i>Aucune intervention</i>				<i>Suivi entomologique</i>

Tableau 1 : présentation schématique du protocole de lutte dans les 4 sites suivis.

III. 3. Suivi des effets de la lutte

III. 3. 1. Suivi entomologique

L'évolution des populations de glossines présentes dans chacune des zones est évaluée chaque mois. Des pièges de type biconique sont disposés le long du Tolé et du Koba et laissés en place un jour. Un responsable piège au sein de chaque zone est désigné parmi les habitants



Photographie 12 : piège biconique de Challier-Laveissière disposé le long du cours d'eau (photographie de S. De La Rocque).

et est responsable de la pose et de la récolte des pièges. Les pièges sont construits selon le modèle de Challier-Laveissière (Gouteux, J. P. et al., 1978). Ces pièges bicolores (bleu et noir) exercent leur attraction grâce à la couleur bleu, très attractive pour les glossines, qui se posent sur la partie noire. Attirée à l'intérieur par la lumière venant du cône supérieur, la glossine ne peut plus sortir grâce aux dispositif anti-

retour et reste coincée dans la cage de capture. Ces pièges ont montré leur efficacité sur les populations de *Glossina tachinoïdes* au Burkina Faso (Amsler, S. et al., 1994).

Les pièges sont disposés dans des endroits dégagés et ensoleillés, ils sont au nombre de 6 par zone disposés tous les 30 m environ. Les sites des pièges sont déterminés par prospection pédestre, marqués à la peinture rouge et géoréférencés par GPS (Global Positionning System). Pour permettre de suivre l'effet de la diffusion de la lutte, 12 nouveaux pièges ont été placés en juin 2001 entre les deux zones traitées et celle non traitée de Péfrou, 6 entre Bagouera et Péfrou, et 6 entre Sinogdjan et Péfrou. La prospection a démarré en octobre 2000 et s'effectue tous les 40 jours environ. Dans le site de Nyarafo, 10 pièges sont disposés aux mêmes endroits que ceux posés lors de la prospection de 1995-96 (De La Rocque, S., 1997), de manière à comparer les résultats à ceux obtenus en 1995-96.

La prospection de Nyarafo débutera en fin de lutte (de juin à août 2002) tous les mois, de manière à voir si les densités de mouches n'ont pas subi de variation liée aux conditions climatiques au cours des deux années de suivi. Le protocole de capture est le même que celui

de 1995-96, les pièges sont posés avant 9 h, et récupérées après 16 h. De plus il sera tenu compte de l'évolution des données climatiques pendant ces deux années de suivi.

Par ces captures sont estimées les densités apparentes de glossines (DAP) qui correspondent au nombre de mouches par piège et par jour. Elle est le reflet de l'effectif global de la population, on s'attend à des diminutions importantes des DAP après le début de la lutte. Ces captures vont montrer l'évolution des deux espèces de glossines présentes.

Les mouches capturées sont disséquées de manière à calculer le taux d'infection. La dissection commence par les pièces buccales (labium, labre et hypopharynx), puis les glandes salivaires et enfin l'intestin moyen. Ces organes sont montés entre lame et lamelle et observés au microscope optique au grossissement 400 pour noter la présence d'éventuels trypanosomes.

Les organes positifs sont prélevés, conditionnés dans un tube Ependorf dans 50 µl d'eau distillée stérile. Ils sont gardés dans une glacière afin de permettre d'identifier le trypanosome présent par technique PCR. Les amorces des trypanosomes pathogènes du bétail utilisées sont TVW1 pour *Trypanosoma vivax*, TCS pour *T. congolense* type savane et NRP pour *T. brucei brucei*.

Ne disposant pas d'amorce, les trypanosomes réputés non pathogènes tels que les trypanosomes spécifiques des reptiles comme *T. grayi* ou *T. varani* ne peuvent pas être recherchés. Les infections de l'intestin non identifiées par PCR seront considérées comme étant dues à ces trypanosomes.

La dissection des mouches femelles va permettre d'évaluer la répartition par âge dans la population.

L'âge des mâles est estimé grâce à la méthode de Wing Fray. Il s'agit d'observer les ailes des mâles à l'aide d'une loupe binoculaire et de déterminer différentes classes d'âge en fonction de l'usure des ailes (de 1 pour les mouches ténérales à 6 pour les mouches âgées). A partir des différentes classes d'âge, il est possible d'aboutir à une estimation de l'âge moyen pour une population.

Pour les femelles la détermination individuelle de l'âge physiologique est possible grâce

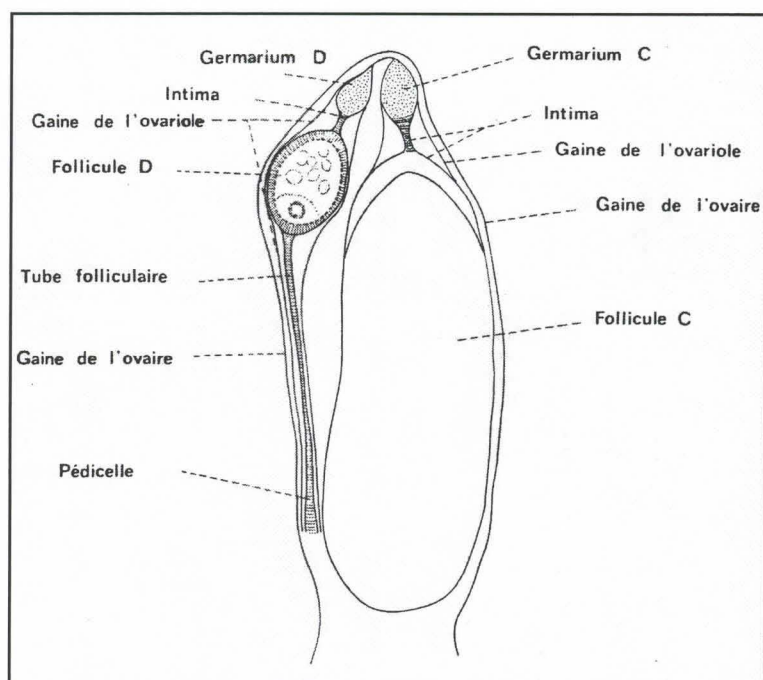


Figure 18 : ovaire gauche d'une femelle de *G. tachinoides* âgée de 20 jours d'après Itard, J., 1986.

à la dissection de l'appareil génital. Il est composé de deux ovaires comprenant chacun deux ovarioles, un interne et un externe (voir figure 18). Deux spermathèques débouchent dans la papille utérine en arrière de l'oviducte commun. L'utérus est une poche très extensible qui débouche par le vagin et qui permet le développement de la larve.

Le développement folliculaire s'effectue toujours dans le même ordre. Il concerne d'abord l'ovariole interne droit, puis l'ovariole interne gauche, puis l'externe droit et l'externe gauche. La durée entre chaque ovulation est d'environ 9-10 jours. Cette dernière va laisser une trace, une relique marquant l'ovariole ayant déjà subi une ovulation. Par la dissection de l'appareil génital, l'observation du développement de chaque ovariole, la présence de relique et l'état de développement de la larve présente dans l'utérus, il est possible de déterminer l'âge physiologique des femelles (Challier, A., 1965).

L'utilisation de la répartition par âge va permettre de vérifier l'efficacité du traitement. L'utilisation d'insecticide va entraîner un rajeunissement de la population avec apparition de nouvelles générations de renouvellement ; l'utilisation de triflumuron va provoquer une augmentation de l'âge moyen de la population, empêchant le renouvellement.

III. 3. 2. Suivi de l'état sanitaire des troupeaux

Un recensement des différents propriétaires des trois zones a été effectué. Pour chaque propriétaire des informations concernant l'ethnie, le mode de production, la taille du troupeau sont relevées. La position de chaque concession est relevée par GPS. Les trois zones regroupent environ 600 animaux.

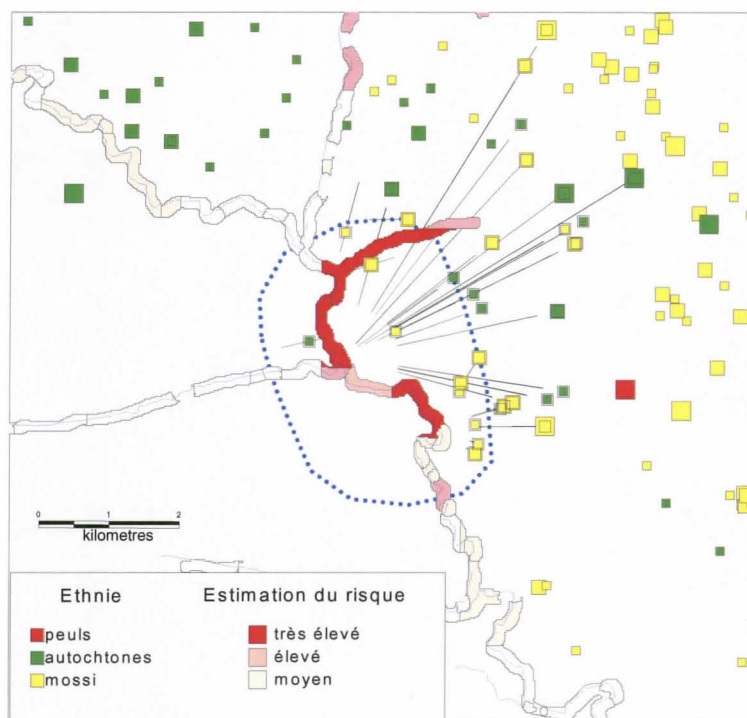


Figure 19 : illustration de la méthode de détermination des troupeaux sentinelle dans la zone de Bagouera.

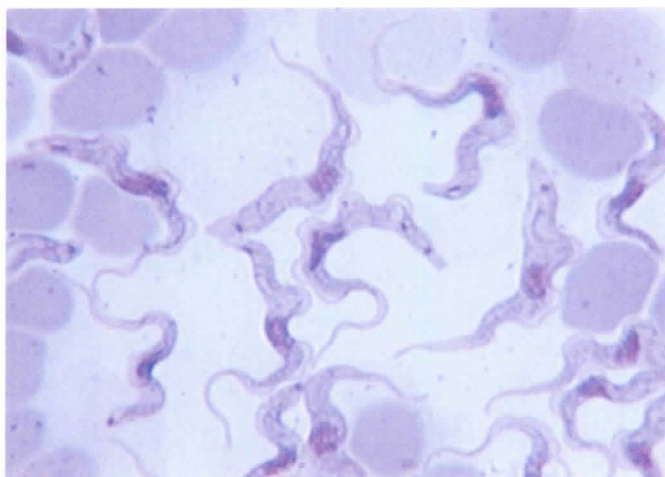
Dans la zone de Bagouera les animaux sentinelles appartiennent essentiellement à des Mossi, alors qu'ils appartiennent essentiellement à des agriculteurs Bobo dans les deux autres zones.

La visite des animaux sentinelle s'effectue tous les 40 jours et a démarré en octobre 2000. Lors de la première visite, ils ont tous été traités avec de l'acéturate de diminazène (VERIBENND SANOFI). Ce trypanocide permet d'effectuer un blanchissement des animaux et de pouvoir à partir de là évaluer l'incidence des infections à trypanosome. On l'utilise en injection intra-musculaire profonde à 7 mg/kg (soit 10 ml pour 100 kg de poids vif). De plus tous les animaux bouclés sont vermifugés en début de protocole puis tous les deux mois avec une benzimidazole (VERMITANND SANOFI).

Pour chaque animal un prélèvement de sang est effectué à la jugulaire sur tube hépariné pour examen direct, et selon les enquêtes un prélèvement est effectué sur tube sec pour un examen sérologique. De plus pour chaque animal, le poids est mesuré grâce à une ceinture pléssimétrique et l'état général est évalué et noté de 1 à 6 d'après l'échelle de Pullan (Pullan, N. B., 1978). Il est noté aussi les maladies observées, le travail et le stade de reproduction des femelles.

Le sang récolté sur tube hépariné est prélevé dans un microtube capillaire et subit une centrifugation à 10 000 tours/min pendant 5 minutes. La lecture de l'hématocrite se fait sur le terrain tout de suite après prélèvement. Elle permet un suivi de l'hématocrite moyen des troupeaux, d'obtenir un buffy coat pour analyse parasitologique, et de repérer les animaux ayant un hématocrite faible.

Le buffy coat à l'interface entre les globules rouges et le plasma est l'endroit de concentration des trypanosomes. Le microtube est sectionné au niveau du buffy coat, qui est récupéré et étalé sur lame pour être observé entre lame et lamelle au microscope optique



Photographie 13 : aspect de *Trypanosoma brucei* dans le sang (photographie de S. De La Rocque).

(grossissement 400). L'observation à l'état frais permet de faire une diagnose d'espèce basée sur la forme, la taille, et leur mobilité. Néanmoins cet examen ne permet pas de faire un diagnostic des infections se déroulant à bas bruit. En effet des techniques comme la PCR sont capables de détecter une infection qui se révélerait négative à l'examen parasitologique (Reifenberg, J. M., 1996). C'est pourquoi les animaux dont

l'hématocrite est bas (inférieur à 25 %) sont considérés comme douteux, et le buffy coat de ces animaux seront testé par PCR. De plus tous les animaux positifs à l'examen direct sont testés par PCR, cette procédure permettant de confirmer l'espèce de trypanosome identifié par examen direct, et permet de repérer les animaux coinfectés par différentes espèces de trypanosomes.

III. 3. 3. Organisation des données

Les données récoltées par les différentes enquêtes entomologiques, parasitologiques, phytosociologiques et sociologiques sont nombreuses, de natures différentes et concernent des domaines différents. Toutes ces informations sont liées, et il est intéressant de s'intéresser aux différentes relations qu'elles entretiennent de manière à avoir une vision globale du système épidémiologique. La méthode MERISE a été utilisée pour formaliser les relations entre les différentes données, de manière à aboutir à la réalisation d'un modèle conceptuel de données représenté par la figure 20 (Gabay, J., 2001).

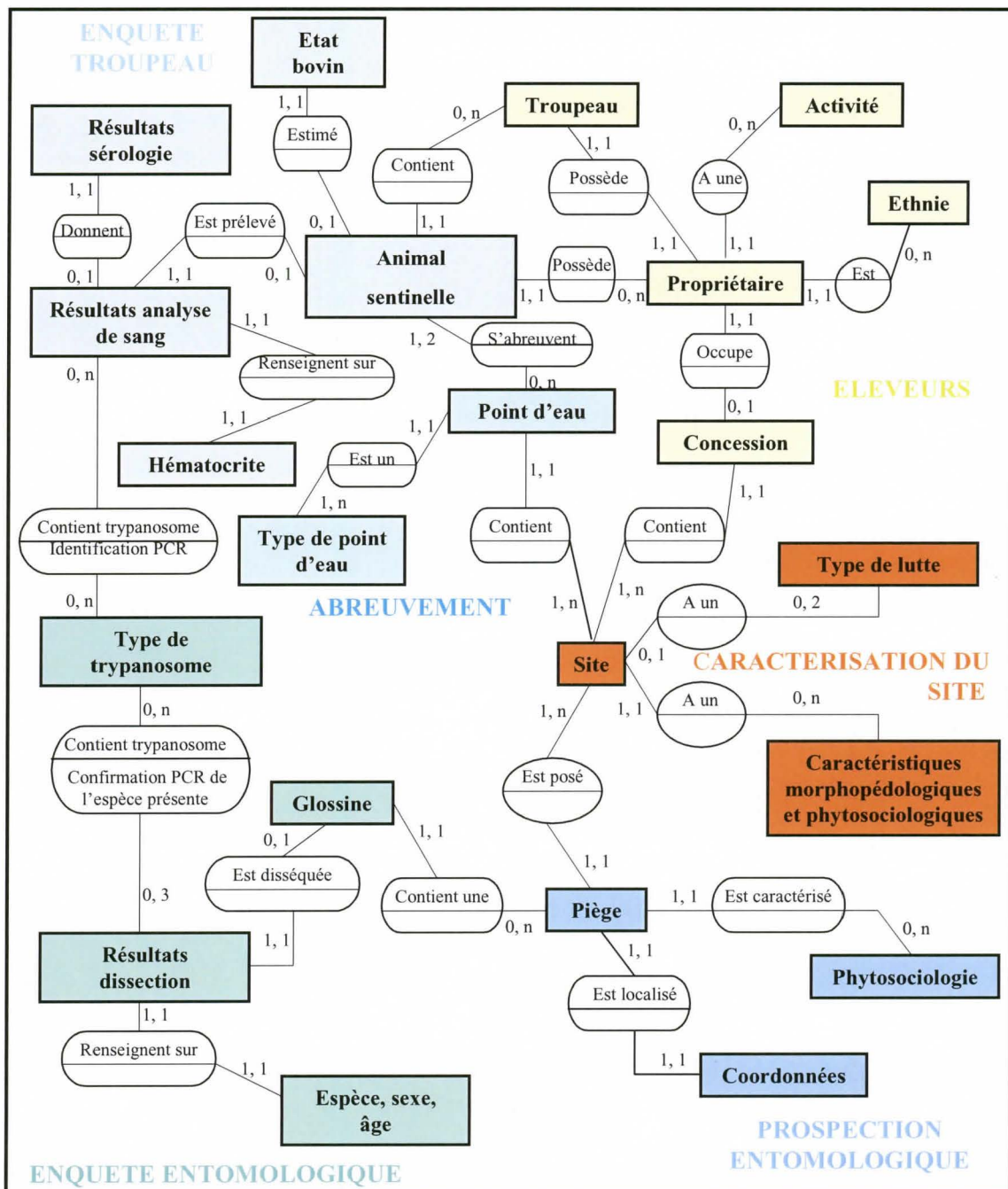


Figure 20 : modèle conceptuel de données (les propriétés des entités ne sont pas représentées).

Les différentes données sont représentées par des entités (représentées par des rectangles). Ces entités possèdent différentes propriétés qui permettent de les décrire, certaines de ces propriétés sont particulières, ce sont les identifiants qui permettent d'individualiser chaque entité. Entre les différentes entités sont représentées les associations qui les unissent, les associations étant caractérisées par la cardinalité. La cardinalité est une notion obligatoire, qui est l'expression d'une contrainte perçue sur le monde réel ressortant dans le modèle. La figure 21 donne un exemple des différents concepts utilisés dans la méthode MERISE.

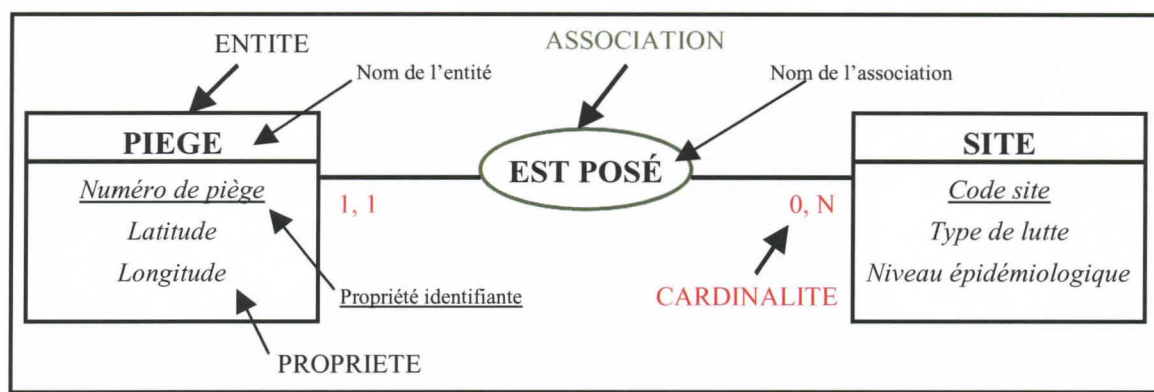


Figure 21 : exemple des différents concepts utilisés dans la méthode MERISE.

Dans l'exemple utilisé, chaque piège est posé dans au moins un site et au maximum un site (1, 1), et chaque site possède au minimum 0 piège et au maximum N pièges (0, N). Cette représentation permet de concevoir la base de données qui permettra de recueillir et d'utiliser les différentes informations récoltées.

Quatrième partie : la situation initiale

Quatrième partie : la situation initiale

Les trois premières enquêtes (octobre, décembre 2000 et janvier 2001) se sont déroulées sans qu'il n'y ait d'intervention sur les trois zones. Ces enquêtes ont permis de faire le point sur la situation de départ.

IV. 1. Résultats entomologiques

Les captures confirment la présence de deux espèces de glossines, à savoir *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoïdes*. Les DAP concernant les deux espèces de glossines pour chaque mois et pour chaque zone est présenté dans le tableau 2.

		Oct. 00	Déc. 00	Janv. 01	Moyenne
Bagouera	DAP <i>tachi</i>	11.3 (10.9)	16.8 (14.7)	7 (6)	11.7 (11.2)
	DAP <i>palpalis</i>	1 (1.3)	3 (3.2)	2 (3.2)	2 (2.7)
Sinogdjan	DAP <i>tachi</i>	0	2.3 (3.4)	0.5 (0.8)	1.4 (2.4)
	DAP <i>palpalis</i>	Aucune glossine n'a été capturée			
Péfrou	DAP <i>tachi</i>	7.5 (7.1)	8.5 (10.7)	0.5 (0.8)	5.5 (7.9)
	DAP <i>palpalis</i>	0.3 (0.5)	1.3 (1.2)	0	0.6 (0.9)

Tableau 2 : DAP des deux espèces de glossines selon la zone et le mois de capture. Les résultats sont présentés sous la forme moyenne des DAP de chaque piège (1 écart-type). DAP *tachi* et DAP *palpalis* correspondent aux DAP de, respectivement, *Glossina tachinoïdes* et *Glossina palpalis gambiensis*.

Les DAP de *Glossina tachinoïdes* pour Bagouera et Sinogdjan sont significativement différentes pour un seuil de 5 %, comparées grâce au test non paramétrique de Mann et Whitney (Grémy, F. et Salmon, D., 1969). Les autres comparaisons (DAP de *Glossina tachinoïdes* entre Bagouera et Péfrou ou DAP de *Glossina tachinoïdes* entre Sinogdjan et Péfrou ou DAP de *Glossina palpalis gambiensis* pour Bagouera et Péfrou) ne montrent pas de différences significatives au même test.

Les mouches récupérées et dont l'état le permet sont disséquées pour établir leur âge et surtout la présence et la localisation d'une infection. Lors des 3 premiers mois sur 339 *Glossina tachinoïdes* capturées, 140 ont été disséquées (soit 41 %). Sur les 46 *Glossina palpalis gambiensis* capturées, 13 ont été disséquées (soit 28 %). La dissection permet de

connaître l'espèce présente, le sex-ratio⁸ et l'âge moyen de la population. Les résultats sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
Bagouera	N	25	39	35	99
	sex ratio	0.36	0.74	0.91	0.62
	WF moyen	2 (0.0)	2.8 (1.1)	3 (1.3)	3 (1.2)
	âge moyen F	34 (12.7)	42 (21.1)	46 (15.5)	41 (17.6)
Sinogdjan	N		11	3	14
	sex ratio		1.80	2.00	1.90
	WF moyen		3 (0.7)	3 (0.7)	3 (0.7)
	âge moyen F		53 (6.4)	54	54 (5.3)
Péfrou	N	22	21	12	55
	sex ratio	0.32	1.04	2.00	1.1
	WF moyen	3 (0.6)	3 (1.5)	3 (1.4)	3 (1.3)
	âge moyen F	44 (14.5)	34 (18.7)	53 (10.5)	41 (16.8)

Tableau 3 : présentation des résultats concernant la population des *Glossina tachinoïdes* disséquées au cours des trois premières enquêtes. N correspond au nombre de mouches disséquées, l'âge moyen correspond à la moyenne de l'âge des mouches disséquées (un écart type) avec F : femelle, WF moyen correspond à la moyenne des indices de Wing Fray déterminé pour chaque mâle disséqué (un écart type).

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
Bagouera	N	2	9	7	18
	sex ratio	1	0.29	0.20	0.33
	WF moyen		5 (0.7)		5 (0.7)
	âge moyen F	54 (0.0)	43 (10.7)	58 (23.5)	51 (17.3)
Péfrou	N	1	1		2
	sex ratio	0.00			
	WF moyen		3		3
	âge moyen F	54			54

Tableau 4 : présentation des résultats concernant la population des *Glossina palpalis gambiensis* disséquées au cours des trois premières enquêtes. N correspond au nombre de mouches disséquées, l'âge moyen correspond à la moyenne de l'âge des mouches disséquées (un écart type) avec M : mâle et F : femelle, WF moyen correspond à la moyenne des indices de Wing Fray déterminé pour chaque mâle disséqué (un écart type).

La dissection des glossines va permettre de connaître le taux de mouches infectées et la localisation de l'infection. Les différentes espèces de trypanosomes présentent des variations dans la réalisation de leur cycle chez la glossine (voir première partie). Il est donc possible d'identifier le trypanosome selon la localisation trouvée chez la glossine. Ainsi une infection localisée au proboscis est due à *T. vivax*. Si elle touche les pièces buccales et l'intestin moyen, elle peut être due à *T. congolense* ou *T. brucei* immature. Si elle touche les glandes salivaires, elle peut être attribué à *T. brucei*. Enfin si elle touche uniquement l'intestin moyen, elle est

⁸ Le sex-ratio correspond au rapport des sexes, à savoir nombre de mâles divisé par celui des femelles.

liée à des formes immatures de *T. congolense* ou *T. brucei*, ou encore à des infections matures par des trypanosomes non pathogènes de reptiles. La détermination de l'espèce de trypanosome uniquement par la localisation chez la glossine n'est donc pas fiable, de plus elle ne permet pas de déceler des co-infections chez la glossine. La technique PCR va permettre de confirmer l'identification du ou des trypanosome(s) responsable(s) de l'infection.

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
<i>G. tachinoïdes</i>	N	25	39	35	99
	% d'infection	8	20.5	14.3	14.3
	% IM		50	80	53
	% Pr	100	50	20	47
	% IM + Pr	Aucune infection localisée à la fois dans l'IM et le Pr			
<i>G. palpalis gambiensis</i>	N	2	9	6	17
	% d'infection	Aucune <i>G. palpalis gambiensis</i> infectée			

Tableau 5 : localisation des infections détectées dans les mouches disséquées dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes. N : nombre de mouches disséquées, IM : intestin moyen, Pr : proboscis.

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
<i>G. tachinoïdes</i>	N	25	39	35	99
	% d'infection	8	20.5	14.3	15
	% Tv	100	50		40
	% Tc		12.5		7
	% Tb			17	7
	% non id.		37.5	67	40
	% inf. mixte			17	7

Tableau 6 : identification des trypanosomes responsables des infections des mouches disséquées dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes. N : nombre de mouches disséquées, Tv : *Trypanosoma vivax*, Tc : *T. congolense* type savane, Tb : *T. brucei*, inf. mixte : infection mixte, non id. : trypanosome non identifié par PCR.

Les résultats de la prospection réalisée en 1995-1996, indiquait des taux d'infection compris entre 15 % et plus de 30 % pour *Glossina tachinoïdes* ; *Glossina palpalis gambiensis* n'était pas infectée. *Glossina tachinoïdes* était infectée par *T. vivax*, *T. brucei* et *T. congolense*. Les résultats obtenus sont en accord avec cette prospection, aucune *Glossina palpalis gambiensis* n'est infectée ; *Glossina tachinoïdes* est fortement infectée (de 8 à 21 %) par des espèces de trypanosomes pathogènes et non pathogènes pour le bétail. Néanmoins la prospection de 1995-96 s'est déroulée de décembre à juin. Ainsi il faut garder à l'esprit que les deux projections n'ont pas forcément eu lieu pendant les mêmes mois.

Dans la zone de Sinogdjan, aucune glossine n'a été trouvée infectée pendant les trois premiers mois d'enquête.

	Octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
N		11	3	14
% d'infection	Aucune <i>G. tachinoïdes</i> infectée			

Tableau 7 : Nombre de *Glossina tachinoïdes* disséquées dans la zone de Sinogdjan pendant les trois premières enquêtes. N : nombre de mouches disséquées.

Lors de la prospection de 1995-96, les 48 *Glossina tachinoïdes* disséquées étaient infectées (de 0 à de 30 %) essentiellement par *T. vivax*.

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	Total
<i>G. tachinoïdes</i>	N	22	21	12	55
	% d'infection	13.6	4.8	8.3	8.9
	% Pr	Toutes les infections sont localisées dans le proboscis			
	% Tv	Toutes les infections sont dues à <i>T. vivax</i>			
<i>G. palpalis gambiensis</i>	N	1	1	0	2
	% d'infection	Aucune <i>Glossina palpalis gambiensis</i> infectée			

Tableau 8 : localisation des infections et identification des trypanosomes détectés dans les mouches disséquées dans la zone de Péfrou pendant les trois premières enquêtes. N : nombre de mouches disséquées, Pr : proboscis, Tv : *T. vivax*.

Le taux d'infection des *Glossina tachinoïdes* présentes à Péfrou (9 %) semble plus faible que le taux d'infection à Bagouera (15 %), bien que les différences ne soient pas significatives (test du Chi², p < 0.05).

Ces résultats rappellent ceux de la prospection de 1995-96, où le taux d'infection observé était compris entre 0 et 15 %.

Toutes les infections observées sont dues à *T. vivax* et localisées dans le proboscis.

Résumé :

La situation dans les trois zones est différente dès le départ.

A Bagouera, on observe des densités moyennes de *Glossina tachinoïdes* (DAP = 11,7), fortement infectées (15 %) par différents trypanosomes pathogènes ou non pathogènes pour le bétail. On observe aussi des densités faibles de *Glossina palpalis gambiensis* (DAP = 2), mais non infectées.

A Sinogdjan on observe de très faibles densités de *Glossina tachinoïdes* (DAP = 1.4), où il n'a pas été trouvé de glossines infectées.

A Péfrou on observe des densités faibles de *Glossina tachinoïdes* (DAP = 5.5) avec des taux d'infection moyens (9 %), infection toujours dues à *T. vivax*. On trouve aussi de très faibles densités de *Glossina palpalis gambiensis* (DAP = 0.6), non infectées.

IV. 2. Résultats du suivi sanitaire des troupeaux

Les troupeaux sentinelle sont suivis par la mesure de l'hématocrite, l'évaluation du poids et de l'état général évalué et noté de 1 à 6 d'après l'échelle de Pullan (Pullan, N. B., 1978). Le taux d'infection est déterminé par l'examen du buffy coat, l'espèce de trypanosome présente est identifiée par examen visuel et par PCR. Sur le terrain, l'examen du buffy coat ne permet pas de détecter les parasitémies faibles. Donc les animaux à hématocrite faible (< 25 %) sont considérés comme douteux et testés par PCR, qui est une technique plus sensible que l'examen parasitologique (Reifenberg, J. M., 1996).

Les résultats concernant l'hématocrite, le poids et l'état des animaux sentinelle sont présentés dans le tableau 9.

		octobre 00	décembre 00	janvier 01	total
Bagouera	N	50	50	49	149
	Hématocrite	27.2 (5.9)	30.4 (4.4)	30.2 (5.0)	29.3 (5.4)
	% Ht <25	34	12	12	19.3
	Poids estimé	220.3 (81.8)	239.5 (73.4)	238.4 (69.2)	232.7 (75.7)
	Etat estimé	2.8 (0.5)	3.5 (0.4)	3.2 (0.6)	3.2 (0.6)
Sinogdjan	N	50	50	50	150
	Hématocrite	34.0 (3.7)	35.0 (3.9)	35.3 (5.2)	34.8 (4.3)
	% Ht <25	0	0	2	0.6
	Poids estimé	254.2 (89.6)	248.8 (83.2)	253.2 (78.8)	252.1 (84.6)
	Etat estimé	3.2 (0.4)	3.3 (0.5)	3.3 (0.4)	3.3 (0.5)
Péfrou	N	50 ⁹	41	50	141
	Hématocrite	28.4 (5.4)	30.9 (4.4)	29.7 (5.0)	29.6 (5.1)
	% Ht <25	22	5	14	13.7
	Poids estimé	246.2 (63.9)	240.4 (64.0)	242.6 (61.8)	243.2 (63.3)
	Etat estimé	3.0 (0.4)	3.2 (0.6)	3.2 (0.5)	3.1 (0.5)

Tableau 9 : présentation des moyennes des hématocrites, du pourcentage d'animaux à hématocrite inférieur à 25 %, des poids et états estimés lors des trois premières enquêtes. N : nombre d'animaux présents lors de l'enquête.

Ces résultats montrent une hétérogénéité dans les trois zones d'étude. L'hématocrite moyen des bovins sentinelle de la zone de Sinogdjan est statistiquement plus élevé que celui des deux autres zones ($p < 0.001$).

La comparaison des poids et états estimés n'apporte que peu de résultats significatif, à noter un poids moyen plus élevé à Sinogdjan qu'à Bagouera, et un état estimé moyen plus élevé à Sinogdjan qu'à Péfrou ($p < 0.05$). Ce meilleur état de la situation de Sinogdjan peut

être rapprochée de la faible pression glossinienne observée dans cette zone. De plus les troupeaux de la zone de Sinogdjan appartiennent essentiellement à des agroéleveurs, alors qu'ils appartiennent à des agriculteurs dans les autres zones. Les agroéleveurs de Sinogdjan possèdent des effectifs plus importants d'animaux et possèdent une meilleure maîtrise de l'élevage des animaux, ce qui peut expliquer un meilleur état des animaux.

Au contraire les zones de Bagouera et de Péfrou sont comparables, alors que la zone de Bagouera présente des DAP deux fois supérieures à celles de Péfrou. Ces résultats prouvent que le risque trypanosomien n'est pas proportionnel à la DAP. Une DAP faible, mais avec des contacts prolongés entre les hôtes et les vecteurs suffit à assurer la transmission trypanosomienne.

On constate dans les zones de Bagouera et de Péfrou une amélioration de la situation entre les deux premières enquêtes. A Bagouera, l'hématocrite moyen passe de 27.2 à 30.4 ($p < 0.01$), le pourcentage d'animaux à hématocrite inférieur à 25 passe de 34 à 12 % (test du χ^2 , $p < 0.05$) et l'état estimé de 2.8 à 3.5 ($p < 0.001$). A Péfrou l'hématocrite moyen passe de 27.8 à 30.9 ($p < 0.05$) et le pourcentage d'animaux à hématocrite inférieur à 25 passe de 2 à 5 % (test du χ^2 , $p < 0.05$). Cette amélioration est liée à l'effet combiné du trypanocide administré lors de la première visite, mais aussi à l'action de l'anthelminthique sur les strongles hématophages, en particulier sur les espèces du genre *Haemonchus*.

Lors de la première enquête, tous les animaux sentinelle ont reçu une injection d'acéturate de diminazène, qui a une action trypanocide immédiate et une action trypanopréventive estimée à quinze jours. Par la suite les animaux trouvés positifs à l'examen parasitologique ou considérés comme douteux (hématocrite inférieur à 25 %) sont eux aussi traités à l'acéturate de diminazène. Les animaux ne sont donc pas soumis au risque trypanosomien pendant la même durée. Il convient donc dans le calcul de l'incidence de séparer les animaux positifs qui ont été traités lors de l'enquête précédente, des animaux positifs non traités lors de l'enquête précédente.

⁹ Sur les 50 prélèvements, un tube présentait du sang hémolysé, qui n'a pu servir pour déterminer l'hématocrite ; le calcul de la moyenne de l'hématocrite est donc basée sur 49 individus.

Le calcul de l'incidence sur 30 jours s'exprime de la manière suivante :

$$I = [(PN/N) \times (30/d) \times N/M] + [(PT/T) \times (30/(d-15)) \times T/M]$$

qui peut s'exprimer plus simplement :

$$I = (PN \times 30)/(d \times M) + (PT \times 30)/((d-15) \times M)$$

avec : *PN* : nombre de positifs à la visite *n* et non traités à *n – 1*

N : nombre d'animaux non traités à *n – 1*

d : nombre de jours entre les deux visites

PT : nombre de positifs à la visite *n* et traités à *n – 1*

T : nombre d'animaux traités à *n – 1*

M : nombre d'animaux présents lors de l'enquête

De plus il est possible de calculer pour chaque mois le pourcentage d'animaux infectés en fonction de chaque parasite présent. Les résultats sont présentés zone par zone dans les tableaux 10, 11 et 12.

	octobre 2000	décembre 2000	janvier 2001
nombre d'animaux testés	50	50	49
taux d'hématocrite < 25 %	34 %	12 %	12 %
infectés tous parasites	10 %	6 %	6 %
infectés à Tv	2 %	6 %	6 %
infectés à Tc	8 %	0	0
incidence sur 30 j tous parasites		9 %	3.7 %
incidence sur 30 j à Tv		9 %	3.7 %

Tableau 10 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Bagouera pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour *Trypanosoma vivax* et Tc pour *T. congolense* type savane.

	octobre 2000	décembre 2000	janvier 2001
nombre d'animaux testés	50	50	50
taux d'hématocrite < 25 %	0	0	2 %
infectés tous parasites	0	6 %	2 %
infectés à Tv	0	4 %	2 %
infectés à Tb	0	2 %	0
incidence sur 30 j tous parasites		9.5 %	1.2 %
incidence sur 30 j à Tv		6.3 %	1.2 %
incidence sur 30 j à Tb		3.2 %	0

Tableau 11 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Sinogdjan pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour *Trypanosoma vivax* et Tb pour *T. brucei*.

	octobre 2000	décembre 2000	janvier 2001
nombre d'animaux testés	49	41	50
taux d'hématocrite < 25 %	22 %	5 %	14 %
infectés tous parasites	4.1 %	2.4 %	4 %
infectés à Tv	4.1 %	2.4 %	4 %
incidence sur 30 j tous parasites		5.2 %	1.8 %
incidence sur 30 j à Tv		5.2 %	1.8 %

Tableau 12 : présentation des résultats des examens parasitologiques (toutes techniques confondues) dans la zone de Péfrou pendant les trois premières enquêtes, avec Tv pour *Trypanosoma vivax*.

Les résultats montrent des taux d'infection et des incidences comparables dans les trois zones. *Trypanosoma vivax* est le parasite responsable de la majorité des infections, il est le seul retrouvé à Péfrou, à Bagouera *T. congolense* est retrouvé le mois d'octobre et à Sinogdjan *T. brucei brucei* est retrouvé le mois de décembre, alors que ce parasite n'est pas retrouvé chez les glossines. Ces incidences fortes à Sinogdjan (9.5 % en décembre), alors que les DAP sont très faibles, montrent que malgré une faible densité de glossines, une fréquentation régulière des lieux de rencontre hôtes-vecteurs suffit à assurer le cycle de transmission des trypanosomes.

Si on compare les résultats obtenus avec ceux du suivi, réalisé de 1996 à 1998, de l'incidence mensuelle parasitaire chez les éleveurs de Péfrou qui fréquentent la rivière, on constate que les taux d'incidence de *T. vivax* sont comparables à ceux obtenus. En effet entre octobre 1995 et janvier 1996, les incidences mensuelles étaient comprises entre 4 et 7 % (De La Rocque, S. *et al.*, 1999). Le suivi montrait une transmission sporadique de *T. brucei brucei* comme cela semble être le cas à Sinogdjan. Par contre le suivi de 1996-1998 montrait des incidences de *T. congolense* importantes variant de 5 à 15 % entre octobre et janvier, alors que ce parasite n'est pas retrouvé à Péfrou, mais est présent à Bagouera.

Bien que les incidences et les taux d'infection semblent comparables dans les trois zones, les taux d'animaux dont l'hématocrite est inférieur à 25 % diffèrent entre les zones. Les taux d'animaux douteux à Sinogdjan sont toujours significativement inférieurs aux taux de Bagouera (test du χ^2 , $p < 0.01$). Ils sont de plus significativement inférieurs à ceux de Péfrou en octobre et janvier (test de χ^2 , respectivement $p < 0.01$ et $p < 0.05$). Les taux d'animaux douteux à Péfrou sont significativement inférieurs à ceux de Bagouera uniquement en décembre (test du χ^2 , $p < 0.01$).

Conclusion : présentation des trois zones.

A Bagouera, on trouve des densités moyennes de *Glossina tachinoïdes* fortement infectées (15 %) par différents trypanosomes pathogènes ou non pathogènes pour le bétail. On retrouve chez les bovins infectés *T. vivax*, et *T. congolense*. Le système hôte vecteur parasite fonctionne, puisque l'on observe des taux d'infection comparables à ceux rencontrés lors du suivi de 1995-96 et des taux d'animaux douteux importants. La zone de Bagouera confirme son état de zone épidémiologiquement dangereuse.

A Sinogdjan, malgré les faibles densités de *Glossina tachinoïdes* qui n'ont jamais été retrouvées infectées, les taux d'infection et les incidences sont comparables à celles observées lors des suivis de 1995-96 pour *T. vivax* et *T. brucei brucei*, par contre il n'a pas pu être mis en évidence de *T. congolense*. Les animaux ne semblent pas souffrir de la présence des trypanosomes ; le taux d'animaux douteux est quasiment nul, l'hématocrite moyen est supérieur à celui observé à Bagouera ou à Péfrou, le poids moyen estimé est supérieur à celui de Bagouera et l'état d'entretien estimé est supérieur à celui de Péfrou. Malgré cet état des animaux qui semblent satisfaisant, les éleveurs placent la trypanosomose comme contrainte principale à l'élevage, devant les tiques. Ils sont, malgré les faibles densités, de vecteurs obligés d'utiliser des trypanocides, l'incidence parasitaire étant toujours importante. Pour cette raison, et étant donné les fortes densités d'animaux à Sinogdjan, ce site constitue une zone d'intervention justifiée.

A Péfrou on observe des densités faibles de *Glossina tachinoïdes* avec des taux d'infection moyens, infections toujours dues à *T. vivax*. On trouve aussi de très faibles densités de *Glossina palpalis gambiensis* non infectées. Les infections retrouvées chez les animaux sentinelle sont dues à *T. vivax*, avec des taux d'infection et des incidences comparables à celles observées en 1995-96. Là encore *T. congolense* n'a pas pu être mis en évidence alors qu'il était largement présent en 1995-96. La situation sanitaire des bovins présents est comparable à celle observée à Bagouera. La zone de Péfrou semble bien être une zone où le risque trypanosomien est toujours présent.

Cinquième partie : les résultats de la lutte

Cinquième partie : les résultats de la lutte

V. 1. Suivi entomologique

Au cours des années 1995-1996, a été réalisé un suivi entomologique de manière à connaître les variations saisonnières des populations de glossines (De La Rocque, S., 1997). Quatre "points sentinelle" ont été choisis et visités tous les mois pendant toute l'année de la prospection. Le premier point est comparable au site de Sinogdjan, le deuxième et troisième au site de Péfrou et enfin le quatrième équivalent de Bagouera. Ces données mis en parallèle des données recueillies au cours de notre suivi permettront de mieux comprendre l'effet de la lutte sur les populations de mouches.

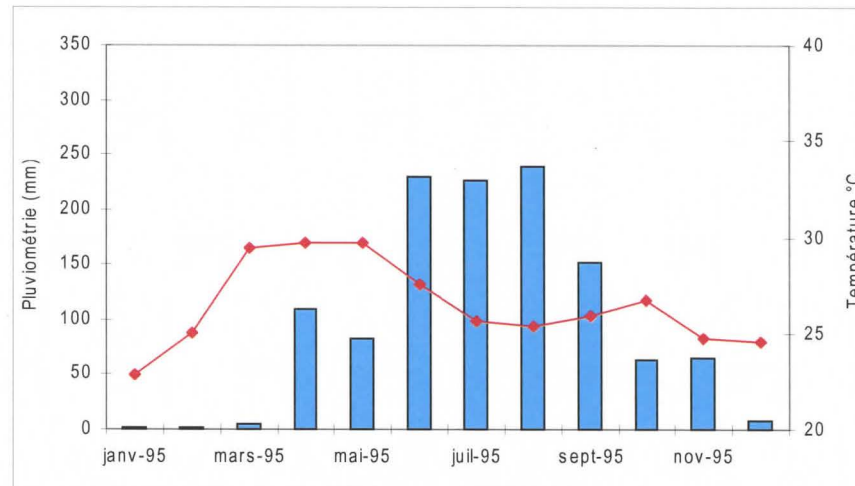
Avec le déploiement des écrans imprégnés d'insecticide, on s'attend à une diminution rapide des DAP des deux espèces de glossines riveraines, comme il a déjà été démontré dans différentes opérations de lutte (Bauer, B. *et al.*, 1992a ; Bauer, B. *et al.*, 1995 ; Merot, P. *et al.*, 1984). Cependant dans le cas présent, la lutte est non pas déployée sur de grandes surfaces, mais limitée dans l'espace : les résultats pourraient être moins spectaculaires avec la recolonisation des sites par les glossines périphériques. Par la suite, les densités de glossines devraient être maintenues faibles dans la zone de Sinodjan, grâce au maintien des écrans imprégnés d'insecticides. Dans la zone de Bagouera l'utilisation de triflumuron devrait entraîner un vieillissement progressif des populations de glossines, la densité devrait diminuer de façon différée.

La connaissance des données climatiques est un préalable nécessaire à la bonne interprétation de l'évolution des populations glossiniennes, ainsi dans un premier temps sera présenté les données climatiques concernant les différentes années de suivi.

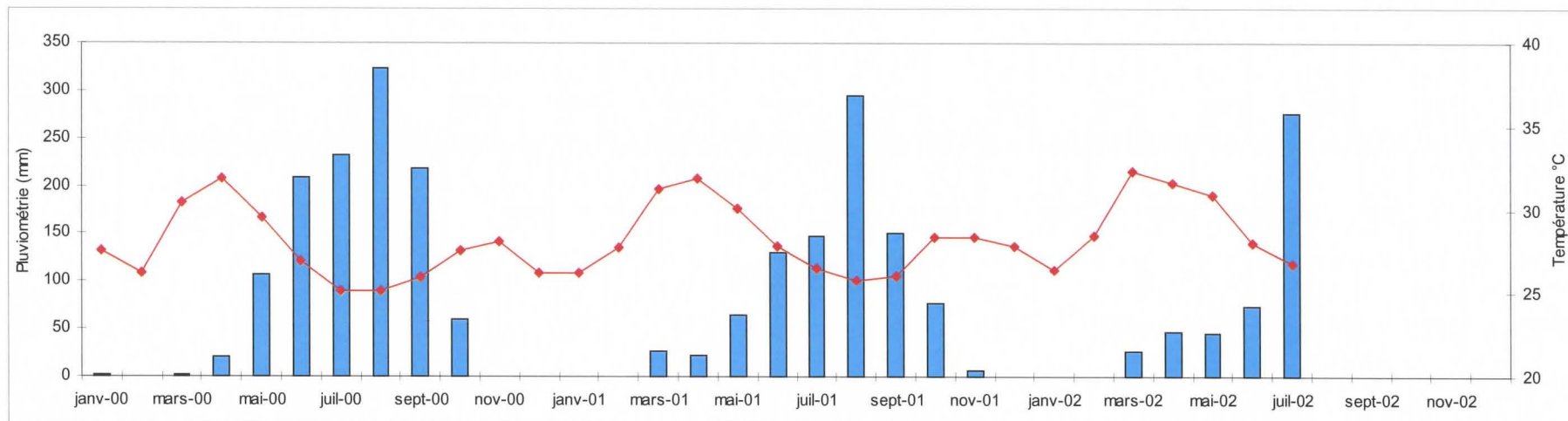
V. 1. 1. Suivi des données climatiques

Les données climatiques sont fournies par la station météorologique de l'ASECNA (Agence pour la sécurité de la navigation aérienne) de l'aéroport de Bobo-Dioulasso, localisée aux coordonnées 11°10' N et 04°19' W et d'altitude 458 m environ.

Les données concernant l'année 1995 sont présentées par le graphique 1, celles concernant les années de notre suivi par le graphique 2.



Graphique 1 : variations mensuelles de la pluviométrie et de la température enregistrées à la périphérie de Bobo Dioulasso en 1995 (source : station ASECNA).



Graphique 2 : variations mensuelles de la pluviométrie et de la température enregistrées à la périphérie de Bobo Dioulasso de janvier 2000 à juin 2002 (source : station ASECNA).

L'année 1995, année du début du suivi auquel est comparé nos enquêtes, est marquée par un début de la saison des pluies assez précoce, à savoir 109 mm en avril et 83 mm en mai. Les précipitations totales sur l'année atteignent 1184 mm.

L'année 2000 est marquée par un début de la saison de pluies plus tardif que pour l'année 1995. Les températures en saison sèche chaude sont plus élevées que pour l'année 1995, à savoir 31.8 °C en avril 2000 contre 29.7 °C en avril 1995. Le total des précipitations est comparable à celui de 1995, à savoir 1171 mm.

Au cours de notre suivi (octobre 2000 à septembre 2002), les températures moyennes mensuelles connaissent des variations équivalentes. Par contre les précipitations sont de moins en moins importantes, en effet l'année 2000 totalise 1171 mm, contre 920 mm pour l'année 2001. Cette tendance semble se confirmer pour l'année 2002, en effet le total des précipitations jusqu'à juin, est de 339 mm pour l'année 2000, 243 mm pour l'année 2001 et 194 mm pour l'année 2002. Ces constatations seront à prendre en compte dans l'interprétation de l'évolution des densités apparentes de glossines dans les différents sites suivis. En effet ce déficit hydrique en juin, où normalement les premières pluies permettent une remontée des densités de glossines, maintient les populations glossiniennes dans des conditions de saison sèche chaude, saison de grande souffrance pour les glossines. Néanmoins les données recueillies en juillet montrent une pluviométrie importante qui rattrape le déficit de juin, en effet le total des précipitations jusqu'en juillet est de 571 mm pour l'année 2000, 391 mm pour l'année 2001 et 469 mm pour l'année 2002. Ainsi même si la saison sèche chaude 2002 a été particulièrement difficile et longue, les résultats de notre suivi obtenu en août 2002 ne subissent que les effets de la lutte.

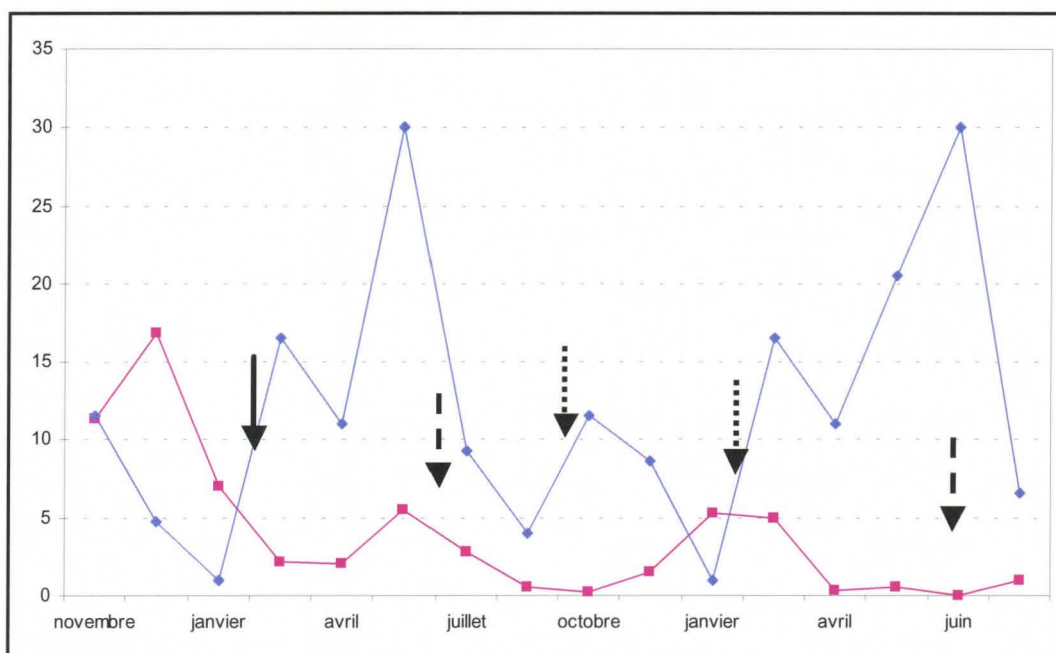
V. 1. 2. Suivi de la situation à Bagouera

La zone de Bagouera présente avant la lutte des DAP moyennes de *G. tachinoïdes* et des DAP faibles de *G. palpalis gambiensis*.

V. 1. 2. 1. Evolution des DAP et de la structure par âge de *G. tachinoïdes*

V. 1. 2. 1. 1. Evolution des DAP de *G. tachinoïdes*

Le graphique 3 présente l'évolution comparée des DAP de *G. tachinoïdes* lors de notre suivi, et lors du suivi de 1995-96.



Graphique 3 : comparaison des évolutions des DAP de *G. tachinoïdes* à Bagouera en 1995-96 (absence de lutte : courbe en bleu) et en 2000-2002 (protocole de lutte : courbe en rose), avec utilisation d'écrans imprégnés de β -cyfluthrine → ou de triflumuron ou utilisation d'écrans imprégnés de triflumuron en association aux pour-on de fluméthrine --> .

L'évolution saisonnière observée en 1995-1996 montre des DAP minimales en fin de saison sèche froide (février) ; période où il existe un allongement de la durée de pupaison (50 à 60 jours) avec une forte mortalité pupale et l'éclosion d'imagos sans réserves nutritives (Chartier, C. *et al.*, 2000). Les DAP remontent au début de la période sèche chaude ; l'augmentation de la température diminuant la durée de pupaison. Les densités retombent en fin de période sèche chaude quand les températures trop importantes entraînent de la mortalité pupale et imaginale. Le début des pluies marque l'augmentation des densités de glossines, l'hivernage correspondant à la période de densité maximale. Néanmoins on remarque un pic de densité relativement tôt dans l'année (juin), alors que les densités chutent pendant les mois de juillet et août. Cette chute est le reflet des effets cumulés, de la noyade des gîtes de ponte et de la mortalité pupale associée, de la plus grande dispersion des adultes et de la moins bonne efficacité des pièges (diminution de la visibilité liée à l'augmentation de la végétation).

Les densités de glossines présentes à Bagouera pendant la période sèche froide 2000, sont supérieures à celles observées pendant le suivi de 1995-96. Après la pose des écrans imprégnés d'insecticide les densités de glossines chutent de façon significative ($p < 0.01^{10}$). Se superposent alors les effets liés à la lutte insecticide et ceux liés à la saison sèche chaude

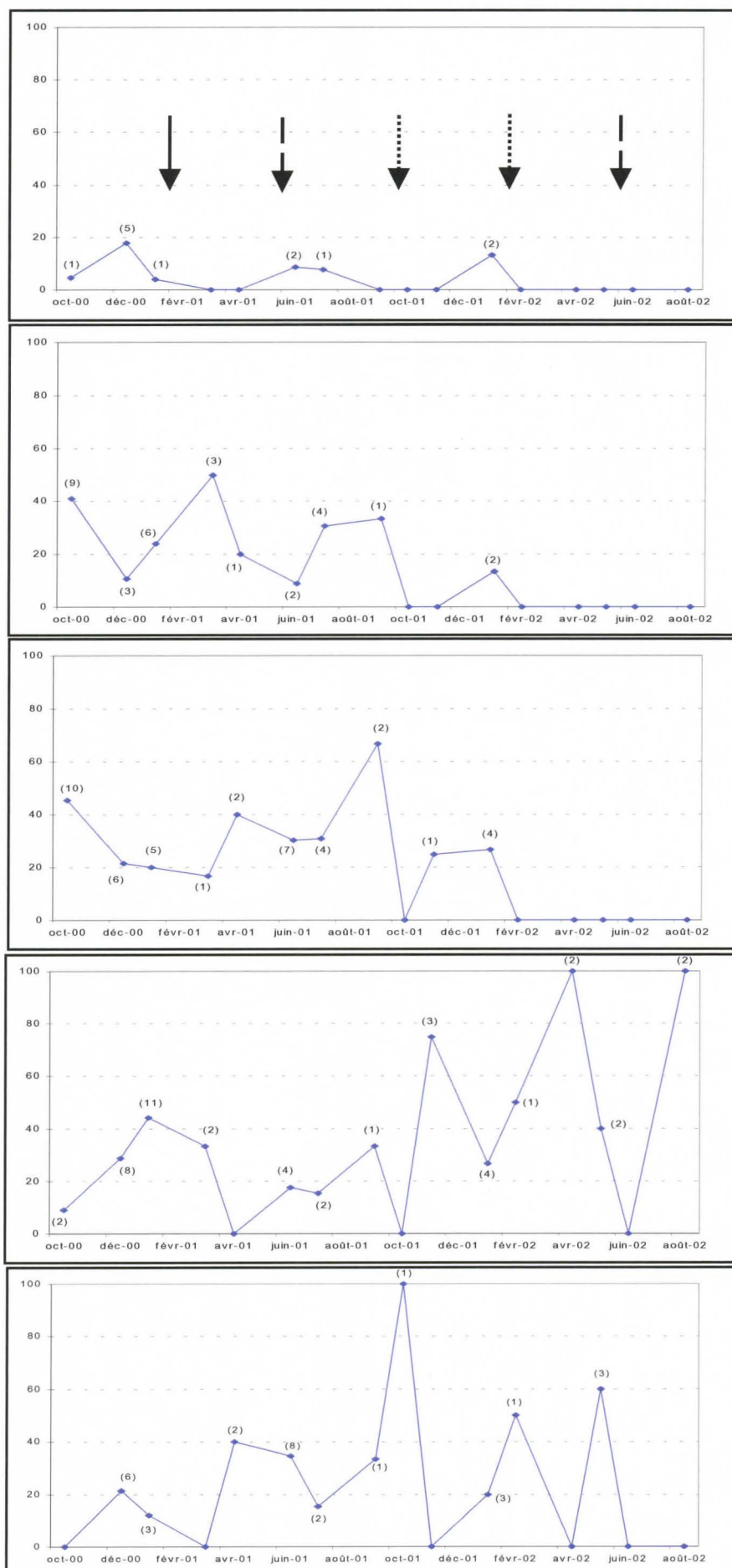
¹⁰ Les différents résultats statistiques donnés pour la comparaison des densités de glossines sont obtenus grâce au test non paramétrique de Mann et Withney.

(mortalité pupale et imaginale). Néanmoins on n'observe pas de remontée des densités de glossines au début de la saison sèche chaude comme en 1995-96, ce qui confirme l'efficacité des écrans insecticide. La légère remontée des densités en juin peut être mis en relation avec un début de perte de l'efficacité des écrans, qui sont réimprégnés en juin avec du triflumuron. La période d'hivernage n'est pas suivi de l'augmentation des populations, au contraire les densités diminuent de façon significative par rapport à la saison sèche chaude ($p < 0.002$). L'utilisation de pour-on insecticide sur les bovins semble efficace sur *G. tachinoïdes* qui se nourrit volontiers sur bovidés. Pendant la seconde année de suivi, on constate une augmentation des densités pendant la saison froide par rapport à l'hivernage ($p < 0.002$). Par la suite les densités diminuent lors de la saison sèche chaude ($p < 0.01$). L'effet du triflumuron seul a permis d'obtenir des densités de *G. tachinoïdes* inférieures à celle de l'année précédente, et ceux en comparant les deux saisons sèches froides ensemble ($p < 0.01$) et les deux saison sèches chaudes ($p < 0.0001$). La lutte à Bagouera a permis de diminuer de façon très importante les densités de *G. tachinoïdes*, notamment en empêchant une augmentation des densités de glossines pendant le premier hivernage. L'analyse de l'évolution de la structure par âge de la population permettra de mieux comprendre l'effet du triflumuron.

V. 1. 2. 1. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de *G. tachinoïdes*

Les faibles effectifs ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative au test non paramétrique de Mann et Withney entre les différentes répartitions par classe d'âge selon les mois ou les saisons. Néanmoins l'allure générale des courbes permet d'obtenir des informations sur l'évolution par classe d'âge (voir graphique 4).

Au cours de la première saison sèche froide (en l'absence de lutte), on observe un vieillissement de la population. En effet alors que 90 % des glossines capturées en octobre se trouvent dans la classe 16 – 45 jours, celles capturées en novembre se répartissent homogènement entre les différentes classes d'âge et en janvier 60 % des glossines capturées ont plus de 60 jours.



Ce vieillissement est lié à l'augmentation de la durée du cycle ovarien et de la pupaison lorsque la température descend, ce qui entraîne une émergence moindre des jeunes glossines (Laveissière, C. et Kinéou, J. P., 1982 ; Gruvel, J., 1975b). La lutte insecticide entamée en février semble toucher toutes les classes d'âge. Néanmoins on remarque une augmentation de la proportion de la classe 16 – 45 jours, liée à un rajeunissement de la population : effets simultanés d'une mortalité liée à l'insecticide et d'une émergence de pupe. En effet l'âge physiologique diminue lors de la mise en place d'une lutte à bas d'insecticide (Kupper, W. *et al.*, 1984).

Au cours de l'hivernage la répartition par classe d'âge semble assez homogène, sans effet marquant du dispositif de lutte sur la structure par âge. Néanmoins on constate une sous représentation de la classe 0 – 15 jours, qui pourrait être liée à une moindre attractivité des pièges pour les jeunes glossines. Au cours des périodes sèches froide et chaude (2001 – 2002) on constate un vieillissement de la population, avec une absence d'émergence de glossine, et une progressive disparition des classes jeunes, sans doute sous l'effet du triflumuron. De plus les mouches âgées capturées à partir d'avril 2002 ne peuvent provenir d'une émergence du site, aucune glossine jeune n'étant capturée depuis février. Les glossines retrouvées pendant cette période proviennent vraisemblablement des zones adjacentes, le dispositif de lutte ne pouvant pas empêcher la réinvasion de la zone. Le triflumuron semble avoir eu pour effet un vieillissement de la population, et une diminution des densités liées à une absence d'émergence. Les quelques glossines capturées en saison sèche semblent être des femelles âgées, provenant des zones adjacentes, c'est à dire provenant de zones non épidémiologiquement dangereuses, et potentiellement non infectées ou infectées par des trypanosomes non pathogènes.

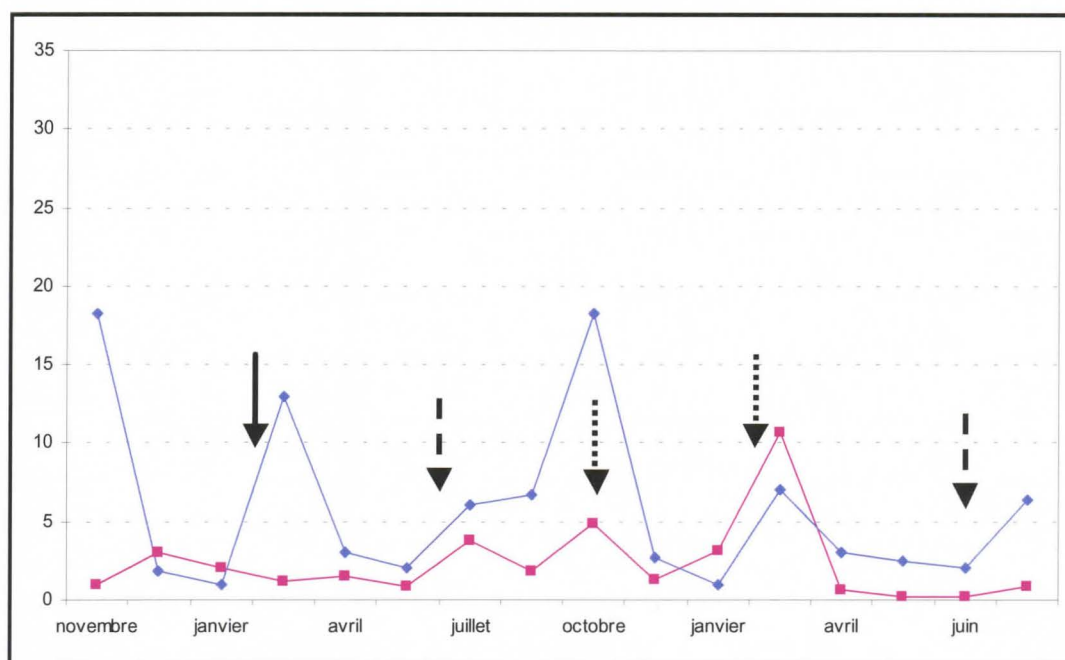
V. 1. 2. 2. Evolution des DAP et de la structure par âge de *G. palpalis gambiensis*

V. 1. 2. 2. 1. Evolution des DAP de *G. palpalis gambiensis*

La comparaison de l'évolution des DAP de *G. palpalis gambiensis* lors de notre suivi et lors du suivi de 1995-96 va nous permettre d'apprécier l'effet de la lutte à base de triflumuron sur les populations de *G. palpalis gambiensis* (voir graphique 5) .

L'évolution saisonnière de la densité de *G. palpalis gambiensis* montre comme pour *G. tachinoïdes* un minimum en saison sèche froide (augmentation de la durée de pupaison, éclosion d'imago sans réserves nutritives). Le début de la saison sèche chaude provoque une

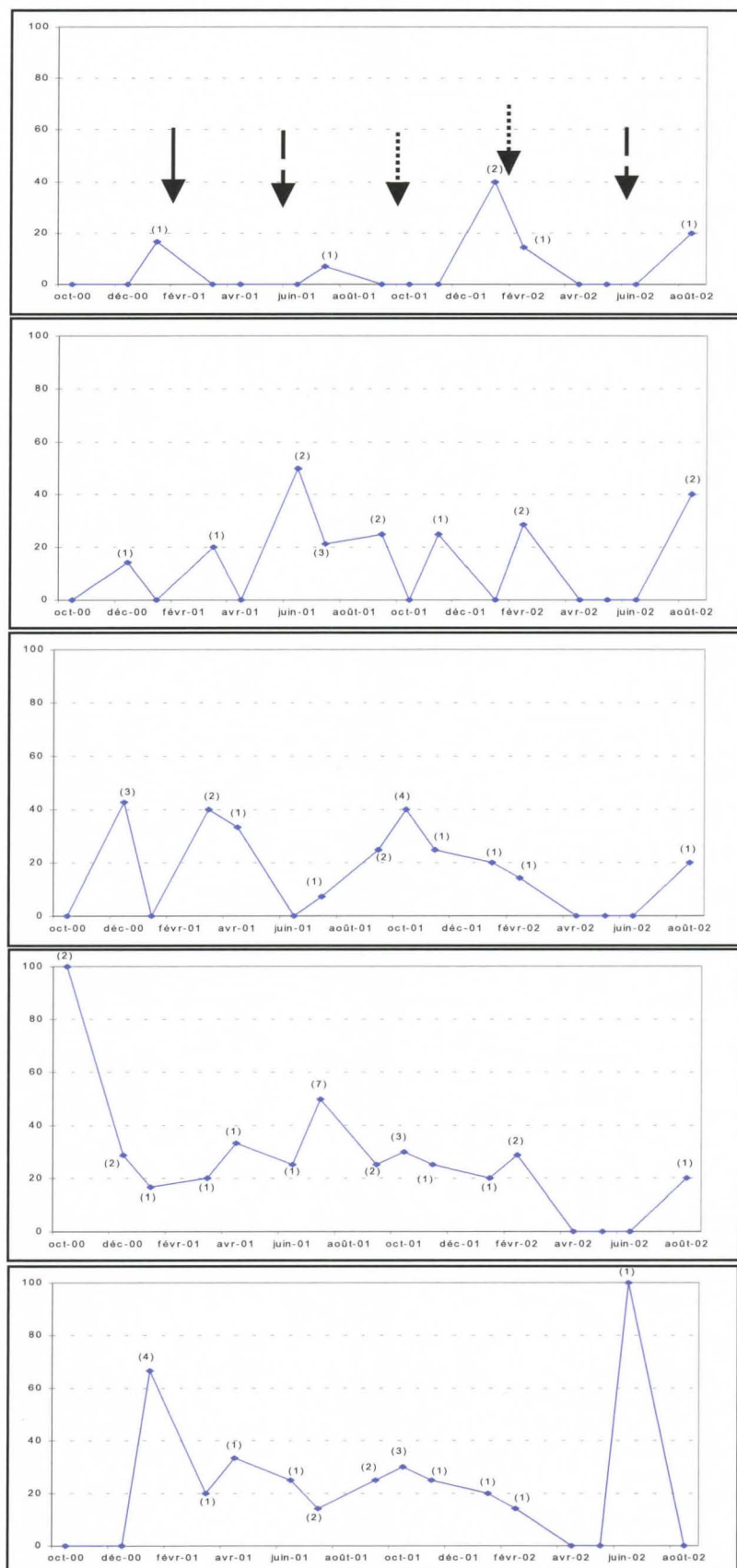
remontée des densités qui de nouveau baissent quand la température augmente de façon importante (mortalité pupale et imaginale). La saison des pluies est marquée par un maximum de densité. Le pic de densité est plus tardif que dans le cas de *G. tachinoïdes*. En effet *G. palpalis gambiensis* pond essentiellement à proximité du cours d'eau, ainsi les premières pluies entraînant une montée des eaux provoquent une mortalité pupale importante, par noyade des gîtes de ponte.



Graphique 5 : comparaison des évolutions des DAP de *G. palpalis gambiensis* à Bagouera en 1995-96 (absence de lutte : courbe en bleu) et en 2000-2002 (protocole de lutte : courbe en rose), avec utilisation d'écrans imprégnés de β -cyfluthrine → ou de triflumuron ou utilisation d'écrans imprégnés de triflumuron en association aux pour-on de fluméthrine -->.

Les densités de *G. palpalis gambiensis* sont à peu près constantes tout au long de l'année. Néanmoins on constate que la mise en place d'écrans imprégnés d'insecticide empêche la remontée des densités observée en l'absence de lutte pendant le début de la saison sèche chaude. De même l'utilisation simultanée d'écrans imprégnés de triflumuron et de pour-on insecticide semblent avoir empêché l'augmentation des densités pendant l'hivernage. L'effet du pour-on semble moins flagrant que sur les populations de *G. tachinoïdes*, en effet *G. palpalis gambiensis* a moins tendance à quitter la galerie forestière pour aller à la rencontre des bovins, préférant se nourrir sur les reptiles de la galerie. Par la suite l'utilisation de triflumuron seul ne semble pas perturber les densités de *G. palpalis gambiensis* jusqu'au début de la saison sèche chaude. En effet à partir d'avril les densités chutent significativement de façon très importante ($p < 0.001$, test de Mann et Withney).

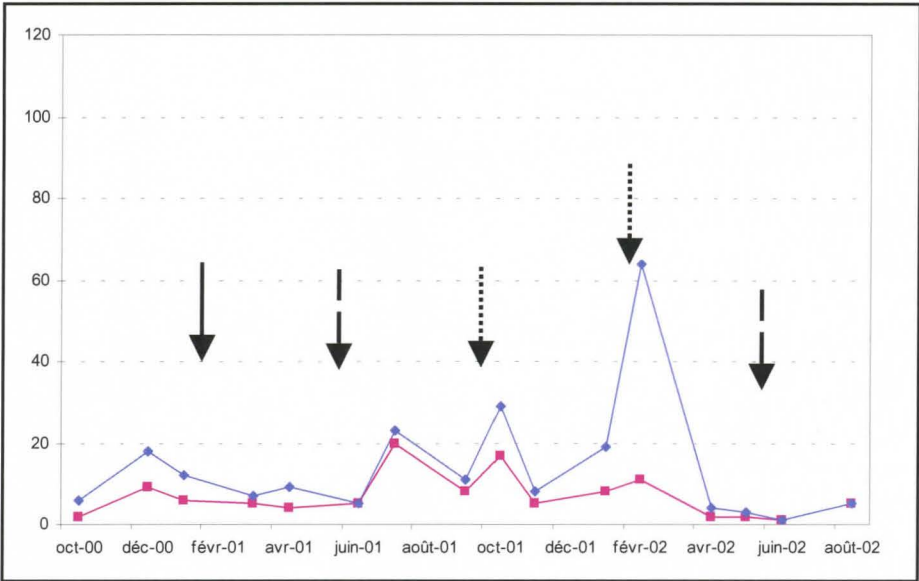
V. 1. 2. 2. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de *G. palpalis gambiensis*



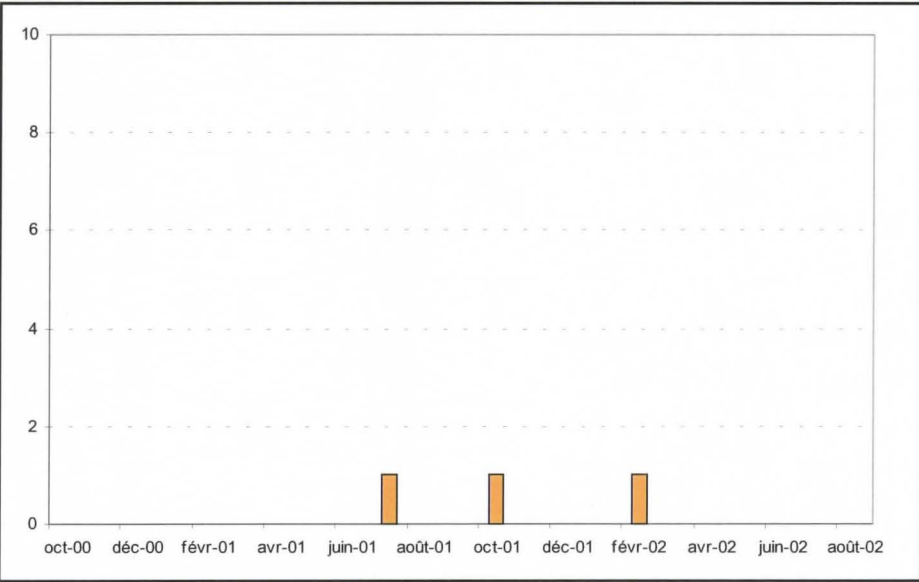
Pendant la saison sèche froide, la population ayant un âge compris entre 31 et 60 jours pendant octobre et décembre, semble vieillir en janvier. Ce vieillissement est lié aux diminutions de température. En mars, la répartition par classe d'âge de la population est homogène, la lutte touchant toutes les tranches d'âge. En avril le vieillissement de la population et l'absence d'émergence de jeunes mouches est lié à une augmentation de la température au delà de celle supportée par les pupes. Pendant l'hivernage aucune classe d'âge ne semble dominer sur les autres. On note une absence de mouches jeunes. Cette absence peut être liée à une moindre attractivité des pièges pour les jeunes mouches ou à une réelle sous expression de cette classe d'âge, premiers effets du triflumuron. Pendant la saison sèche froide 2001-2002, les différentes classes d'âge semblent être réparties de façon homogène. Pendant la saison sèche chaude le triflumuron semble entraîner une absence totale d'émergence de jeunes mouches. En effet à partir d'avril la seule mouche capturée est une mouche de plus de 60 jours provenant vraisemblablement des sites adjacents. Le triflumuron a permis d'obtenir à Bagouera sur les populations de *G. palpalis gambiensis* le même effet que sur les populations de *G. tachinoïdes*, à savoir une diminution des densités après une absence d'émergence de pupes. Ces effets sont les plus visibles lors de la saison sèche chaude, lorsque les conditions climatiques sont les plus dures pour les glossines. Au début de l'hivernage 2002 contrairement à *G. tachinoïdes*, on constate une légère remontée des DAP et une homogénéité entre les différentes classes d'âge de la population. Les pluies ont entraîné l'immersion de certains écrans par la montée des eaux, diminuant fortement leur efficacité, ce qui permet une reprise du développement des populations de *G. palpalis gambiensis* sur le site de Bagouera. En effet *G. palpalis gambiensis* ayant moins tendance à se nourrir sur bovidés subit moins les effets du pour-on insecticide que *G. tachinoïdes*.

V. 1. 2. 3. Evolution des taux d'infection et de la nature des parasites détectés

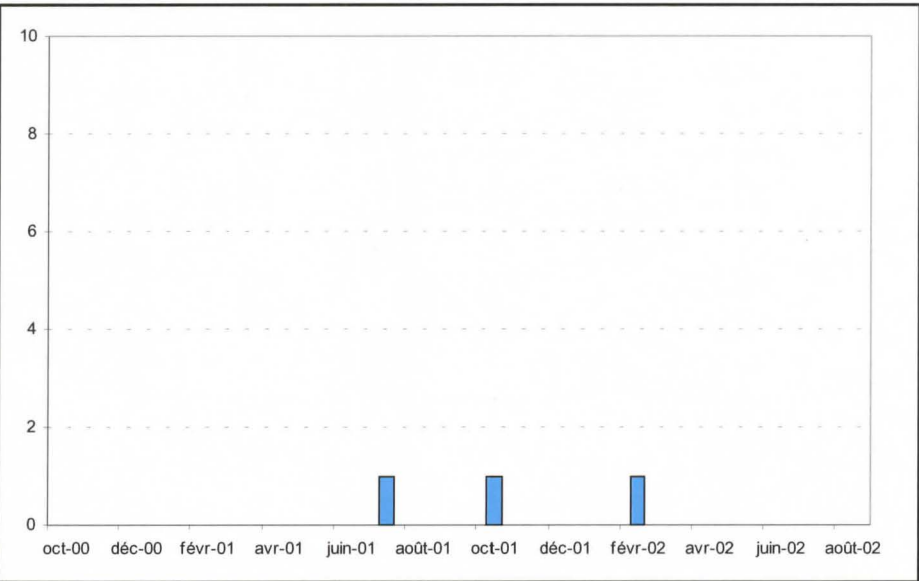
G. palpalis gambiensis est retrouvée infectée de façon sporadique, et à chaque fois par des parasites localisés dans l'intestin moyen et non identifiés par PCR (voir graphique 7). *G. palpalis gambiensis* se nourrissant préférentiellement sur reptile transporte essentiellement des trypanosomes de reptiles, réputés non pathogènes pour le bétail. *G. tachinoïdes* est retrouvée infectée de façon importante et avec une grande diversité de parasites (voir graphique 8).



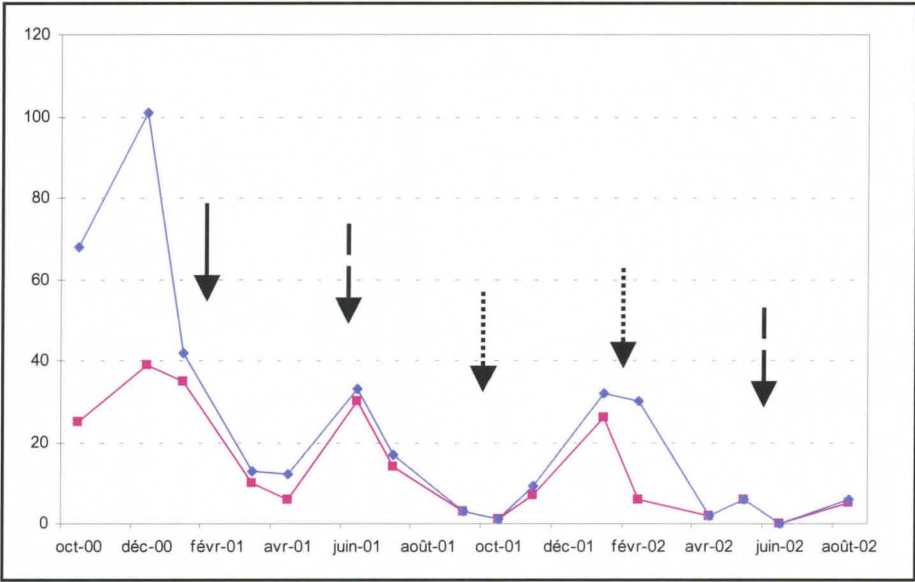
Graphique 7 a :
évolution du nombre
de *G. palpalis*
gambiensis capturées
(en bleu) et du nombre
de *G. palpalis*
gambiensis disséquées
(en rose) à Bagouera.



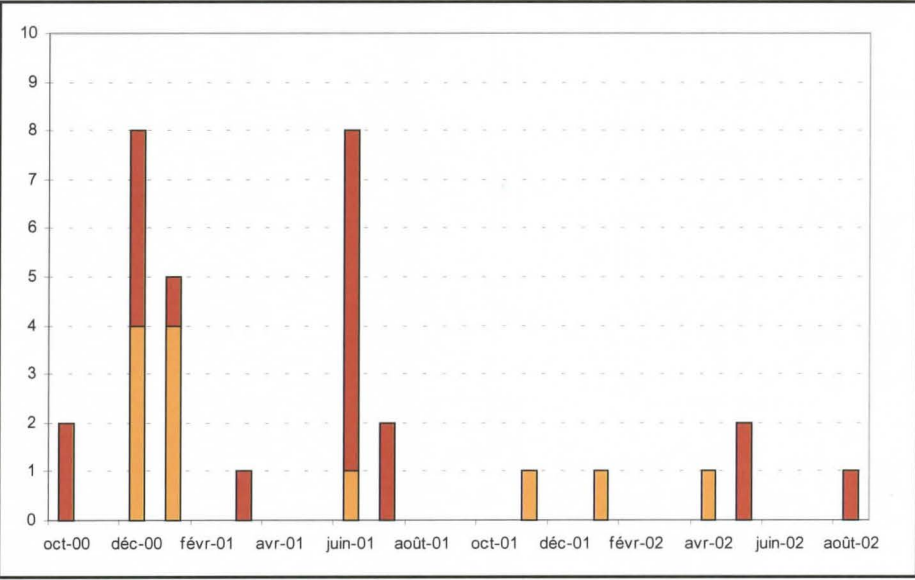
Graphique 7 b :
évolution du nombre
de *G. palpalis*
gambiensis infectées et
localisation des
infections (avec en
orange : intestin
moyen).



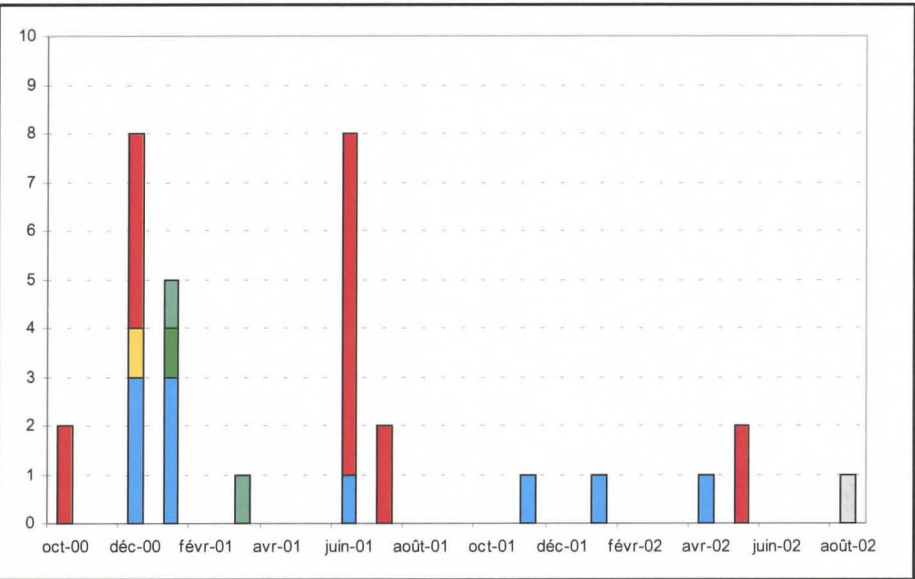
Graphique 7 c :
évolution du nombre
de *G. palpalis*
gambiensis infectées et
proportion des
différents parasites
rencontrés (avec en
bleu : parasites non
identifiés par PCR).



Graphique 8 a :
évolution du nombre de *G. tachinoïdes* capturées (en bleu) et du nombre de *G. tachinoïdes* disséquées (en rose) à Bagouera. Le code des flèches est le même que celui précédemment décrit.



Graphique 8 b :
évolution du nombre de *G. tachinoïdes* infectées et localisation des infections (avec en marron : proboscis, en orange : intestin moyen).



Graphique 8 c :
évolution du nombre de *G. tachinoïdes* infectées et proportion des différents parasites rencontrés (avec en rouge : *T. vivax*, en vert clair *T. brucei*, en vert foncé : infection mixte *T. vivax* et *T. brucei*, en jaune : *T. congolense*, en bleu : parasites non identifiés par PCR et en gris ceux dont les résultats PCR ne sont pas disponibles).

Les taux d'infection de *G. tachinoïdes* sont compris avant le début de la lutte entre 8 et 20.5 %. Une grande diversité de parasites est retrouvée. En effet on retrouve des trypanosomes pathogènes du bétail, en majorité *T. vivax* (40 %), mais aussi *T. congolense* (6.7 %), *T. brucei* (6.7 %) et une infection mixte *T. brucei* et *T. vivax* (6.7 %). On retrouve également des trypanosomes non identifiés par PCR, vraisemblablement des trypanosomes de reptiles (40 %). La majorité des infections localisées dans le proboscis sont dues à *T. vivax*, soit 86 %, et la majorité des infections localisées dans l'intestin moyen sont dues à des trypanosomes non pathogènes, soit 75 %.

La mise en place de la lutte ne semble pas modifier les taux d'infection qui évoluent entre 0 et 26.7 %. Les taux d'infection mensuels semblent suivre la même tendance que la DAP de *G. tachinoïdes*, bien qu'aucune différence significative n'ait pu être mise en évidence entre les différents taux d'infection. Rogers en modélisant l'évolution saisonnière d'une population de tsé-tsé, affirme que la variation saisonnière du taux de mortalité des glossines affecte aussi bien les densités apparentes que les taux d'infection (Rogers, D. J., 1988). Nos observations tendent à confirmer ce modèle.

Après la mise en place d'écrans imprégnés de triflumuron les taux d'infection restent faibles. De plus les infections rencontrés sont essentiellement dues à des trypanosomes non pathogènes localisés dans l'intestin moyen, exception faite de mai. Le triflumuron semble avoir diminué les densités de glossines présentes à Bagouera en dessous de celles nécessaires pour maintenir les cycles de transmission dans ce site, en effet peu de glossines infectées sont capturées à partir d'octobre 2001. De plus il faut rappeler que le triflumuron peut avoir un effet sur la compétence vectorielle en empêchant la maturation des trypanosomes, et perturbant le cycle épidémiologique.

V. 1. 2. 4. Suivi de la diffusion de la lutte

Six autres pièges ont été posés entre le site de Bagouera et celui de Péfrou à partir de juillet 2001 de manière à suivre l'évolution de la situation dans l'environnement immédiatement adjacent à la lutte. La position des pièges est représentée par la figure 22. Les écrans imprégnés sont posés le long du Koba ; le premier écran étant posé en aval du dispositif des 6 pièges initiaux, et le dernier arrivant au début du dispositif des 6 pièges installés à partir de juillet 2001. Les nouveaux pièges capturent à la fois *G. tachinoïdes* et *G. palpalis gambiensis* ; les DAP observées et l'âge moyen des glossines capturées sont présentés au tableau 13.

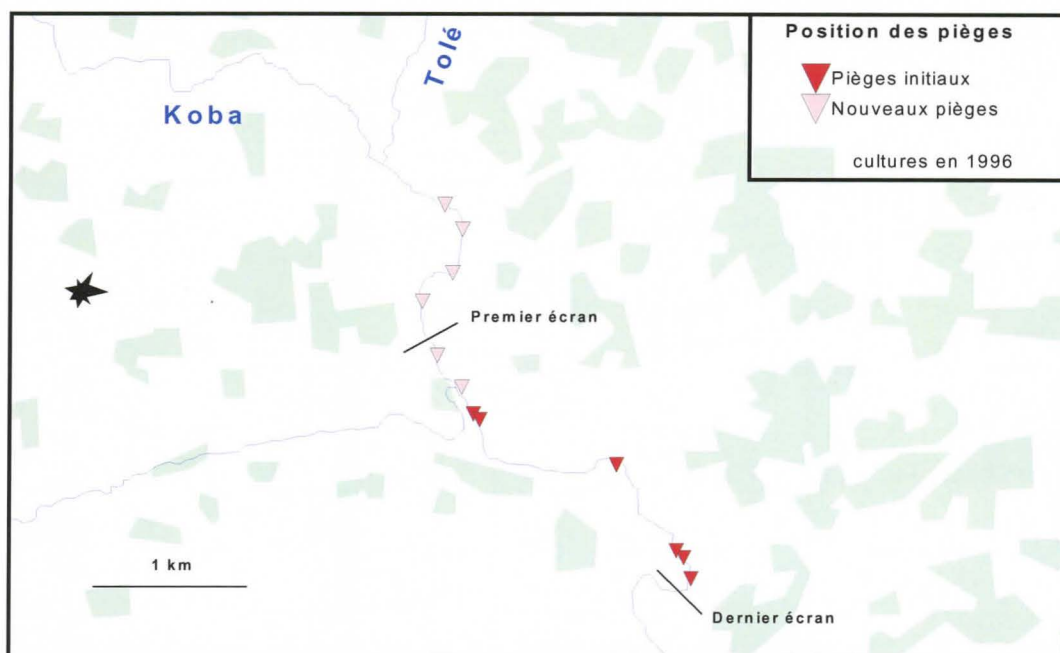


Figure 22 : position des différents pièges présents à Bagouera, et disposition du dispositif de lutte.
NB : les cultures sont distantes du cours d'eau, ce qu'explique la présence de terrasses jaunes.

	Juill.-01	Sept.-01	Nov.-01	Janv.-02	Févr.-02	Avril-02	Mai-02	Juin-02	Juillet-02	Moyen-ne
DAP <i>tachi</i>	0.33	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.25	0.33	0	0.15
Nbre de M	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
Moyenne WF							3.33	3		3.25
Nbre de F	2	0	1	0	0	0	0	1	0	4
Moyenne âge	36.0		48.0					54.0		43.5
DAP <i>palpalis</i>	0.50	1.33	0.33	0.50	0.00	0.33	0.08	0.17	0.50	0.38
Nbre de M	0	2	2	2	0	0	0	0	1	7
Moyenne WF		1.5	2.5	2						2
Nbre de F	3	6	0	1	0	2	1	1	2	16
Moyenne âge	23.7	45.6		ND		ND	54.0	68.0	49.0	43.5

Tableau 13 : présentation des résultats des captures et des dissections des pièges posés entre Bagouera et Péfrou, avec *tachi* pour *G. tachinoïdes*, *palpalis* pour *G. palpalis gambiensis*, M : mâle, F : femelle, WF : indice du Wing Fray et ND : non disséquée.

Les DAP observées tout au long du suivi sont faibles (variant de 0 à 1.33 pour *G. palpalis gambiensis* et de 0 à 0.33 pour *G. tachinoïdes*). Sur les 8 *G. tachinoïdes* capturées, et sur les 20 *G. palpalis gambiensis* capturées, respectivement 75 % et 95 % ont été disséquées. Aucune glossine n'a été découverte infectée. De plus l'âge des glossines capturées semble indiquer qu'aucune émergence ne se fait au niveau du site de capture, néanmoins les glossines jeunes sont vraisemblablement moins attirées par les pièges que les autres classes d'âge. Une répartition des glossines ténérales le long du réseau hydrographique semble indiquer qu'il existe des sites privilégiés de ponte (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c). Le site de Bagouera serait un de ces sites privilégiés, contrairement aux sites directement adjacents. Ainsi la lutte triflumuron sur le site de Bagouera là où se produit les émergences pourrait avoir un effet sur

l'ensemble de la population qui aurait émergé de ce site, et ainsi diminuer les densités de mouches sur une distance plus grande que l'étendue de la lutte. C'est ce que semble montrer les faibles densités observées sur l'ensemble de ces pièges posés à partir de juillet 2001. Ainsi les glossines capturées relativement âgées semblent être des glossines migrantes.

Résumé :

La lutte réalisée à Bagouera a permis de diminuer fortement les densités de *G. tachinoïdes* et de *G. palpalis gambiensis*, et ce en perturbant la fonction de reproduction jusqu'à aboutir à une disparition de l'émergence de nouvelles glossines. Les taux d'infection semblent diminuer de façon importante, peu de glossines étant retrouvées infectées à partir d'octobre 2001. En effet d'une situation avec des taux d'infection importants et une grande diversité de parasites, on aboutit à une situation où les glossines capturées sont infectées sporadiquement et essentiellement avec des trypanosomes réputés non pathogène. Depuis le début de la saison sèche chaude 2002, les glossines capturées à Bagouera semblent provenir des sites adjacents. Localement il semble que le dispositif de lutte permet, malgré la ré-invasion permanente de maintenir les densités de glossines en dessous du seuil nécessaire pour maintenir un cycle de transmission.

V. 1. 3. Suivi de la situation à Sinogdjan

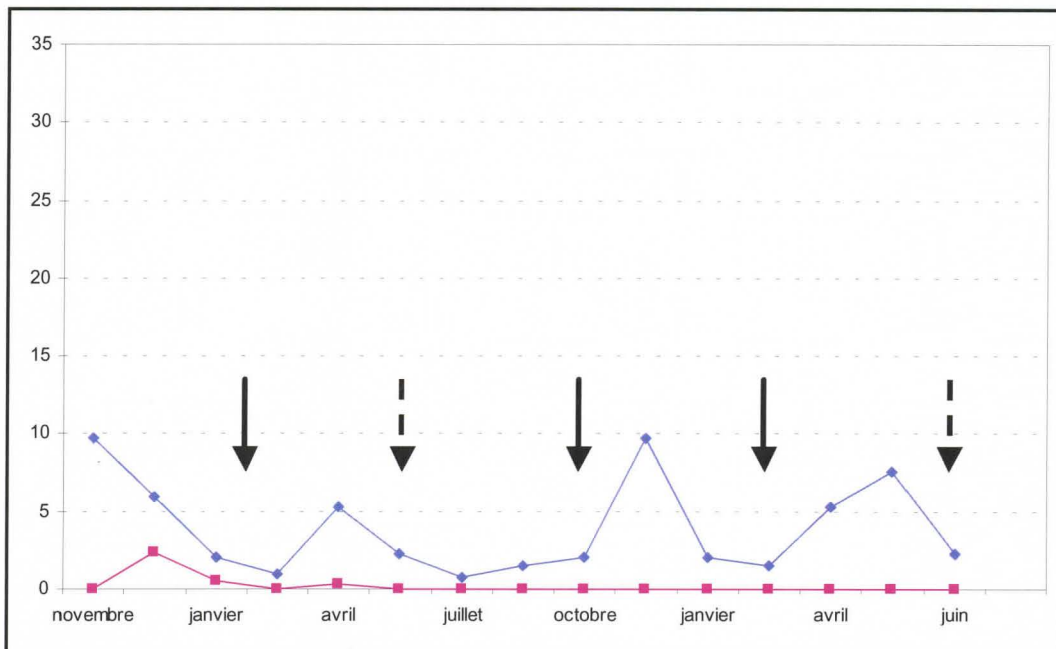
Aucune *G. palpalis gambiensis* n'a été capturée à Sinogdjan pendant tout le suivi. La galerie forestière de type soudanien, fortement dégradée par l'avancée des cultures est un milieu défavorable pour *G. palpalis gambiensis* qui a disparu de la zone de Sinogdjan.

V. 1. 3. 1. Evolution des DAP de *G. tachinoïdes*

La comparaison de l'évolution saisonnière des DAP de *G. tachinoïdes* lors du suivi de 1995-96 et lors de notre suivi est représentée par le graphique 9. Les faibles effectifs de *G. tachinoïdes* capturées (19 mouches sur l'ensemble du suivi) ne permettent pas de représenter l'évolution des différentes classes d'âge.

L'évolution saisonnière de *G. tachinoïdes* à Sinogdjan en l'absence de lutte montre des densités maximales à la jonction fin de l'hivernage, début de la saison sèche froide. Les

densités redescendent en fin de saison sèche froide, pour remonter en fin de saison sèche chaude, début d'hivernage.



Graphique 9 : comparaison des évolutions des DAP de *G. tachinoïdes* à Sinodgjan en 1995-96 (absence de lutte : courbe en bleu) et en 2000-2002 (protocole de lutte : courbe en rose), avec utilisation d'écrans imprégnés de β -cyfluthrine ➡ ou utilisation d'écrans imprégnés de β -cyfluthrine en association aux pour-on de fluméthrine ➡ .

La mise en place d'écrans imprégnés d'insecticide entraîne très rapidement une diminution des DAP de *G. tachinoïdes*. A partir de juin 2001 plus aucune glossine n'est capturée à Sinodgjan.

Sur l'ensemble des glossines disséquées soit 84 %, aucune *G. tachinoïdes* n'a été retrouvée infectée. Il est délicat sur le faible nombre de glossines capturées de tirer des conclusions de leur âge. Néanmoins les seules glossines capturées sont des mouches âgées (moyenne d'âge des femelles de 51.6 jours, avec un écart type relativement faible de 5.1 jours). Le site de Sinodgjan ne présentait aucune glossine ténérale lors du suivi de 1995-96 (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c), ce qui pourrait expliquer la rapide chute des densités de glossines. Les observations sur les quelques mouches capturées semblent confirmer que le site de Sinodgjan est relativement défavorable comme gîte de ponte.

V. 1. 3. 2. Suivi de la diffusion de la lutte

Comme pour le site de Bagouera, à partir de juillet 2001, 6 nouveaux pièges sont installés entre Sinodgjan et Péfrou pour évaluer l'effet de la lutte sur les populations glossiniennes adjacentes. De plus une enquête entomologique menée vers la fin de la lutte

(juin 2002) a permis de prospecter au nord du site de Sinogdjan, jusqu'à la fin de la galerie forestière. Les positions des différents pièges sont présentés par la figure 23.

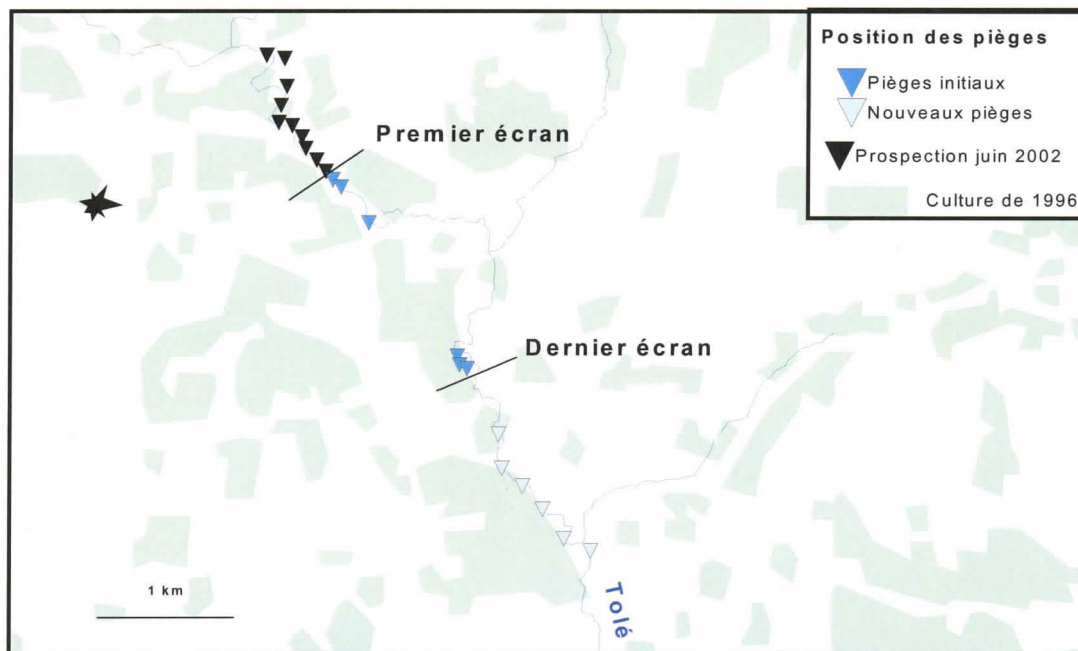


Figure 23 : position des différents pièges présents à Sinogdjan, et disposition du dispositif de lutte. NB : les cultures sont très proches du cours d'eau, ce qui entraîne une dégradation du milieu.

Les six pièges posés entre Sinogdjan et Péfrou n'ont permis de capturer qu'une seule glossine lors de l'enquête de novembre 2001. La *Glossina tachinoïdes* capturée était âgée de 46 jours, et était infectée par *T. brucei* dans le proboscis¹¹. Cette capture unique, d'une glossine âgée, à un moment où on ne retrouve plus de glossine sur le site de Sinogdjan semble indiquer que cette glossine est en migration, sans doute en provenance du site de Péfrou situé au sud de Sinogdjan, ou en provenance des sites adjacents à Péfrou. La capture a été réalisée par le piège le plus proche du dispositif de lutte, ce qui montre qu'une certaine proportion des glossines provenant de la partie du Tolé située au sud de Sinogdjan sont capables de venir à la rencontre des écrans imprégnés d'insecticide.

La prospection réalisée en juin 2002 sur l'ensemble de la galerie forestière située au nord du site de Sinogdjan n'a permis de recueillir aucune mouche. La lutte installée à Sinogdjan a permis d'avoir un impact plus large que l'étendue des écrans, réduisant les populations au nord du site de lutte, mais aussi au sud.

¹¹ *T. brucei* ayant un cycle passant par l'intestin moyen, les glandes salivaires et le proboscis, une glossine infectée par *T. brucei* devrait l'être soit dans l'intestin moyen uniquement (infection immature), soit dans les trois organes précédemment cités. La dissection n'a permis de mettre en évidence que l'infection dans le proboscis, seul cet organe a été testé par PCR, alors que vraisemblablement les trois organes étaient infectés.

Résumé :

La lutte réalisée à Sinogdjan a permis d'éliminer les populations de *G. tachinoïdes* sur le site même de la lutte, mais aussi au nord du site et au sud dans l'environnement immédiat. Il est a noté que des glossines provenant de la partie sud du Tolé sont capables de venir à la rencontre des écrans.

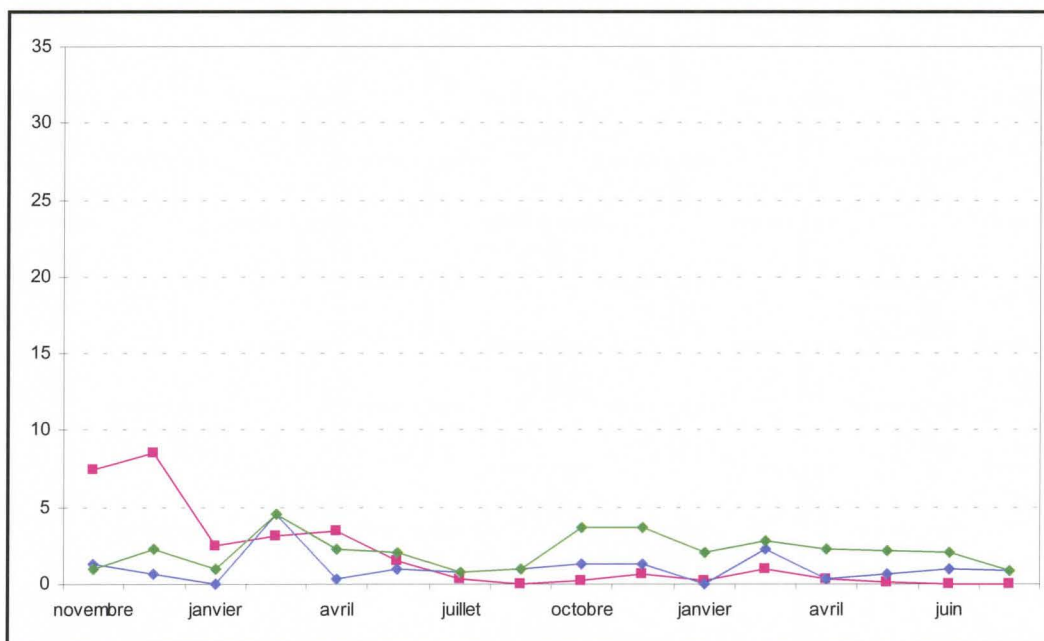
V. 1. 4. Suivi de la situation à Péfrou

La zone de Péfrou présente avant la lutte des DAP de *G. tachinoïdes* faibles et des DAP très faibles de *G. palpalis gambiensis*.

V. 1. 4. 1. Evolution des DAP et de la structure par âge de *G. tachinoïdes*

V. 1. 4. 1. 1. Evolution des DAP de *G. tachinoïdes*

Le graphique 10 présente l'évolution comparée des DAP de *G. tachinoïdes* lors de notre suivi, et lors du suivi de 1995-96.



Graphique 10 : comparaison des évolutions saisonnières des DAP de *G. tachinoïdes* à Péfrou, en 1995-96 (courbes verte et bleue) et lors de notre suivi (courbe rose).

L'évolution saisonnière montre des densités minimales en fin de saison sèche froide, densités qui remontent en début de saison sèche chaude, pour retomber à la fin de cette saison. L'hivernage permet de retrouver des densités importantes. L'évolution saisonnière de Péfrou suit les mêmes variations que celle des autres sites.

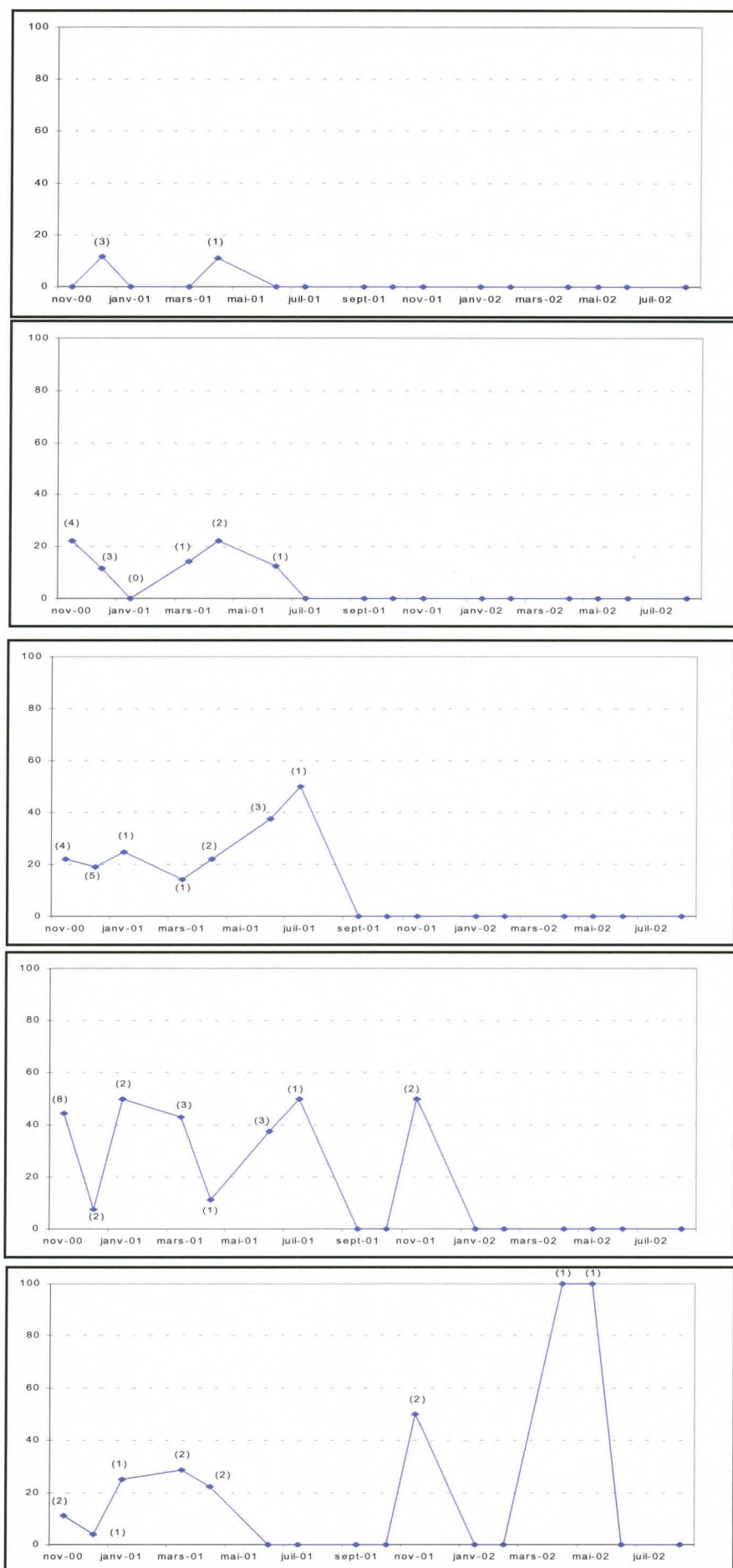
Les densités de *Glossina tachinoïdes* diminuent à la saison sèche chaude et restent équivalente à celles obtenues en 1995-96. L'hivernage, contrairement à 1995-96, ne permet pas une augmentation des densités de glossines ; en effet il existe une diminution significative¹² ($p < 0.001$) des densités avec seulement 3 *G. tachinoïdes* capturées pendant l'ensemble de l'hivernage. Par la suite les densités restent en deçà de celles mesurées en 1995-96, et restent faibles sans aucune différence significative au cours des saisons. Néanmoins entre les deux saisons sèches froides consécutives et les deux années sèches chaudes, on observe dans les deux cas une diminution significative des densités (p inférieur à respectivement 0.01 et 0.001).

La diminution progressive des précipitations durant les différentes années du suivi pourrait expliquer une souffrance de plus en plus grande des populations glossiniennes en particulier pendant la saison sèche chaude, et notamment l'absence de capture de glossine en juin 2002, mois qui ne diffère pas beaucoup point de vue pluviométrie des mois de la saison sèche chaude. Par contre il ne nous semble pas que les données climatiques puissent à elles seules expliquer une telle diminution progressive des densités de glossine sur les deux années de suivi, et notamment expliquer la capture de seulement trois glossines sur l'ensemble des mois d'hivernage 2001. Il semble bien au vue de ces résultats que le site de Péfrou subit l'influence de la lutte organisée dans les deux autres sites. De plus il est certain qu'une partie de la population de glossines de Péfrou, situé à 7 kilomètres des sites de lutte, est capable de parcourir cette distance et de se retrouver confrontée aux dispositifs de lutte. L'étude de la distribution par classe d'âge est intéressant pour essayer de mieux comprendre la dynamique des populations.

V. 1. 4. 1. 2. Evolution de la répartition par classe d'âge des populations de *G. tachinoïdes*

La représentation de l'évolution par classe d'âge donne une bonne idée de la structure par âge de la population surtout pour les deux premières saisons sèches. En effet par la suite les faibles effectifs de glossines capturées rendent l'interprétation difficile, et ne permettent pas de mettre en évidence de différences statistiquement significatives entre les différentes répartition par classe d'âge au cours des saisons. L'évolution de la répartition par classe d'âge est représentée par le graphique 11.

¹² Les différents résultats statistiques donnés pour la comparaison des densités de glossines sont obtenus grâce au test non paramétrique de Mann et Withney.

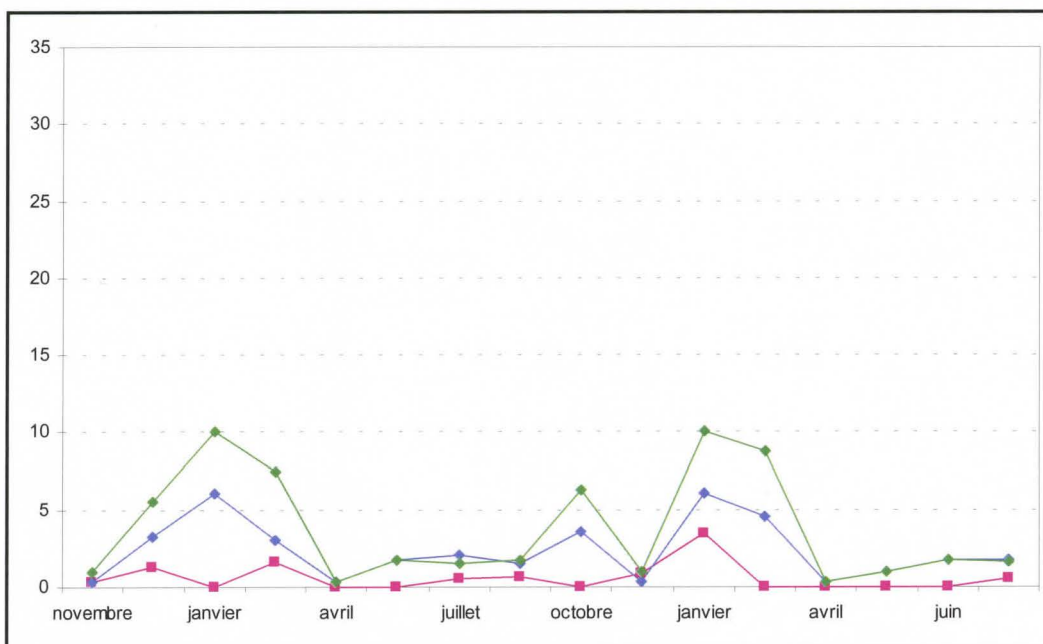


Pendant les deux premiers mois de saison sèche froide la population de *G. tachinoïdes* est répartie de façon homogène entre chaque classe d'âge. A la fin de la saison sèche froide, on constate un vieillissement de la population avec une disparition des glossines âgées de moins de 30 jours. Les conditions climatiques de fin de saison sèche froide, en particulier la température peut expliquer ce phénomène. Pendant les mois de saison sèche chaude, la population semble de nouveau retrouver une répartition homogène entre les différentes classes d'âge.

Par la suite on constate une brutale raréfaction des glossines capturées, une absence de captures de mouches jeunes, les seules glossines capturées ayant au minimum 46 jours. Le site de Péfrou, au début de notre suivi semblait être un site où se produisait des émergences. Le suivi de 1995-96 avait aussi identifié le site de Péfrou comme un site d'émergence pour *G. tachinoïdes* (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c). A partir de l'hivernage 2001, période habituelle de reprise de l'émergence des glossines aucune émergence n'est mis en évidence.

V. 1. 4. 2. Evolution des DAP de *G. palpalis gambiensis*

Le graphique 12 présente l'évolution comparée des DAP de *G. palpalis gambiensis* lors de notre suivi, et lors du suivi de 1995-96.



Graphique 12 : comparaison des évolutions saisonnières des DAP de *G. palpalis gambiensis* à Péfrou, en 1995-96 (courbes verte et bleue) et lors de notre suivi (courbe rose).

L'évolution saisonnière des DAP des *G. palpalis gambiensis* présente un pic de densité au début de la saison sèche chaude et en octobre consécutivement à l'hivernage.

Dans notre suivi les densités de *G. palpalis gambiensis* sont en permanence faible sans variation saisonnière marquée. Aucune différence significative n'est mise en évidence en comparant les densités entre les différentes saisons. Malgré un pic de densité en janvier 2002, les densités deviennent de plus en plus faibles, *G. palpalis gambiensis* n'étant plus capturée à partir de février 2002 jusqu'en août 2002 où elle est capturée avec une DAP de 0.5.

Seules 24 *G. palpalis gambiensis* femelles ont été capturées pendant notre suivi, le faible nombre disséqué (11) ne nous permet pas de représenter l'évolution par classe d'âge de la population.

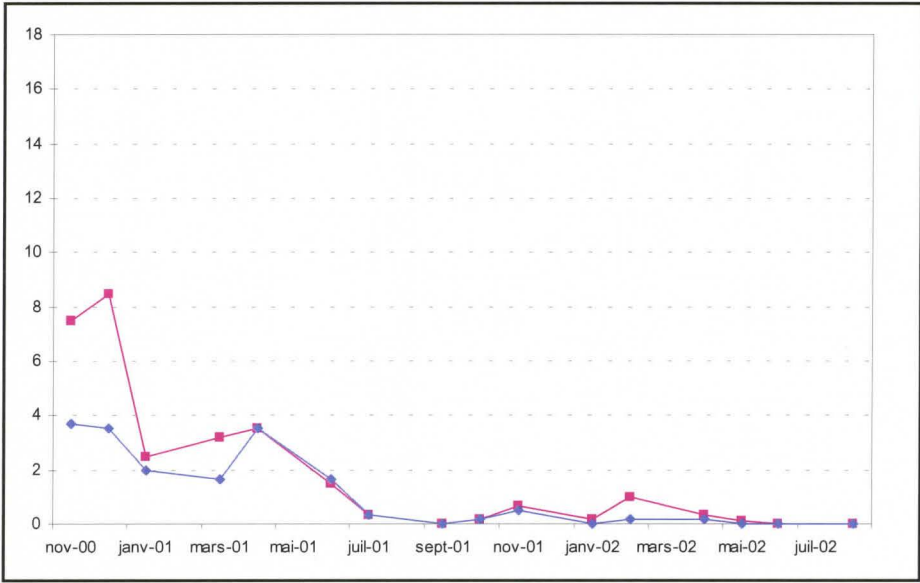
Les densités nulles enregistrées pendant la saison sèche chaude 2002 peuvent être expliquées par une saison particulièrement sèche, par l'influence de la lutte organisée dans les deux autres sites sur les populations de *G. palpalis gambiensis* ou encore par ces deux effets cumulés.

Au cours du suivi de 1995-96, le site de Péfrou n'était pas considéré comme un site d'émergence pour *G. palpalis gambiensis* (De La Rocque, S. *et al.*, 2001c). Dans notre suivi les glossines capturées à Péfrou sont de vieilles glossines 63 % ayant plus de 40 jours. Les seules glossines jeunes sont capturées pendant les mois d'hivernage. Il semble donc que le site de Péfrou pourrait représenter un site de faible émergence pour *G. palpalis gambiensis* uniquement pendant l'hivernage, période où les conditions de reproduction sont les plus favorables. En effet au mois d'août 2002 après 5 mois d'absence de glossine les trois glossines capturées ont respectivement 18, 23 et 62 jours.

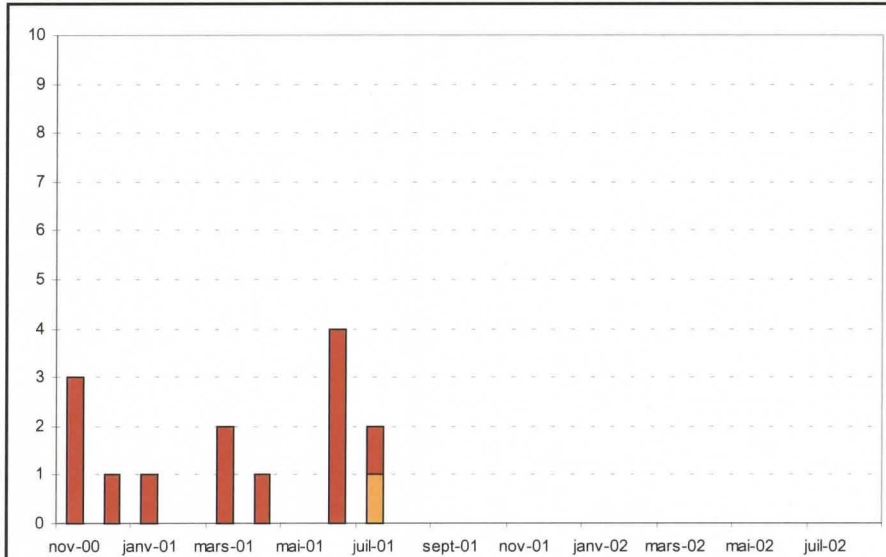
V. 1. 4. 3. Evolution des taux d'infection et de la nature des parasites détectés

Aucune *G. palpalis gambiensis* du site de Péfrou n'est retrouvée infectée au cours de notre suivi. Les données correspondant aux taux d'infection et à la nature des parasites détectés pour *G. tachinoïdes* sont présentés au graphique 13.

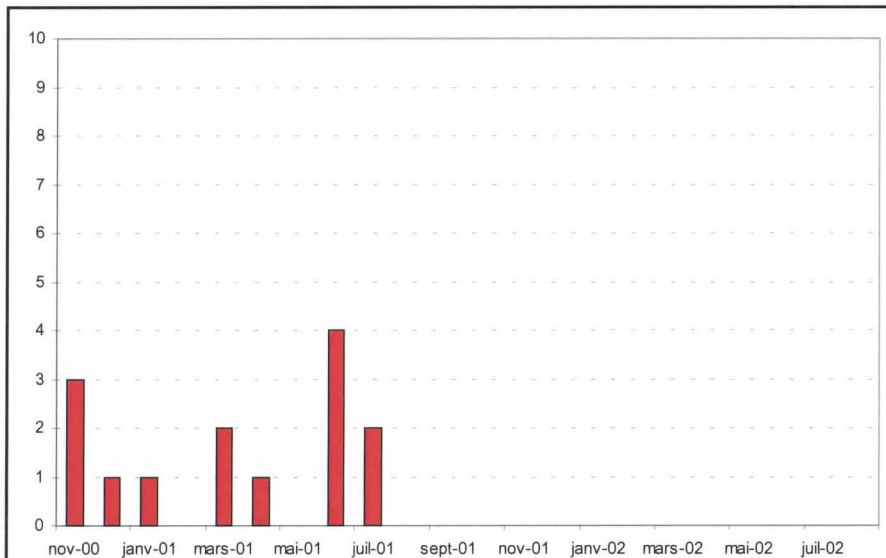
Les comparaisons statistiques ne permettent pas de mettre en évidence de différence significative des taux d'infection entre les différents mois ou saisons.



Graphique 13 a :
évolution du nombre
de *G. tachinoïdes*
capturées (en bleu) et
du nombre de *G.*
tachinoïdes disséquées
(en rose) à Péfrou.



Graphique 13 b :
évolution du nombre
de *G. tachinoïdes*
infectées et localisation
des infections (avec en
marron : proboscis, en
orange : intestin
moyen).



Graphique 13 c :
évolution du nombre
de *G. tachinoïdes*
infectées et proportion
des différents parasites
rencontrés (avec en
rouge : *T. vivax*).

Les taux d'infection varient entre 4.7 % et 44 % entre novembre 2000 et juin 2001. Le taux d'infection en juillet 2001 est de 100 %, mais la dissection n'a porté que sur 2 glossines. A partir de septembre 2001, plus aucune glossine n'a été retrouvée infectée. Les DAP de *G. tachinoïdes* observées à partir de cet hivernage 2001 semblent être en deçà de celle nécessaires pour maintenir un cycle de transmission. Toutes les infections sont dues à *T. vivax*, 93 % de ces infections sont localisées dans le proboscis. Dans un milieu beaucoup plus marqué par l'activité humaine que celui de Bagouera les hôtes sauvages sont plus rares et les trypanosomes de reptiles ne semblent plus circuler. Le site de Péfrou semble subir l'influence de la lutte organisée dans les deux autres sites, la disparition des infections chez les glossines tend à le montrer.

V. 1. 4. 3. Effet de la diffusion de la lutte

Nous avons montré une diminution progressive des DAP de *G. tachinoïdes* et de *G. palpalis gambiensis* dans la zone de Péfrou, et une disparition des glossines infectées à partir de l'hivernage 2001. La figure 24 montre la position du site de Péfrou par rapport aux deux sites de lutte de manière à mieux comprendre la possible influence de la lutte.

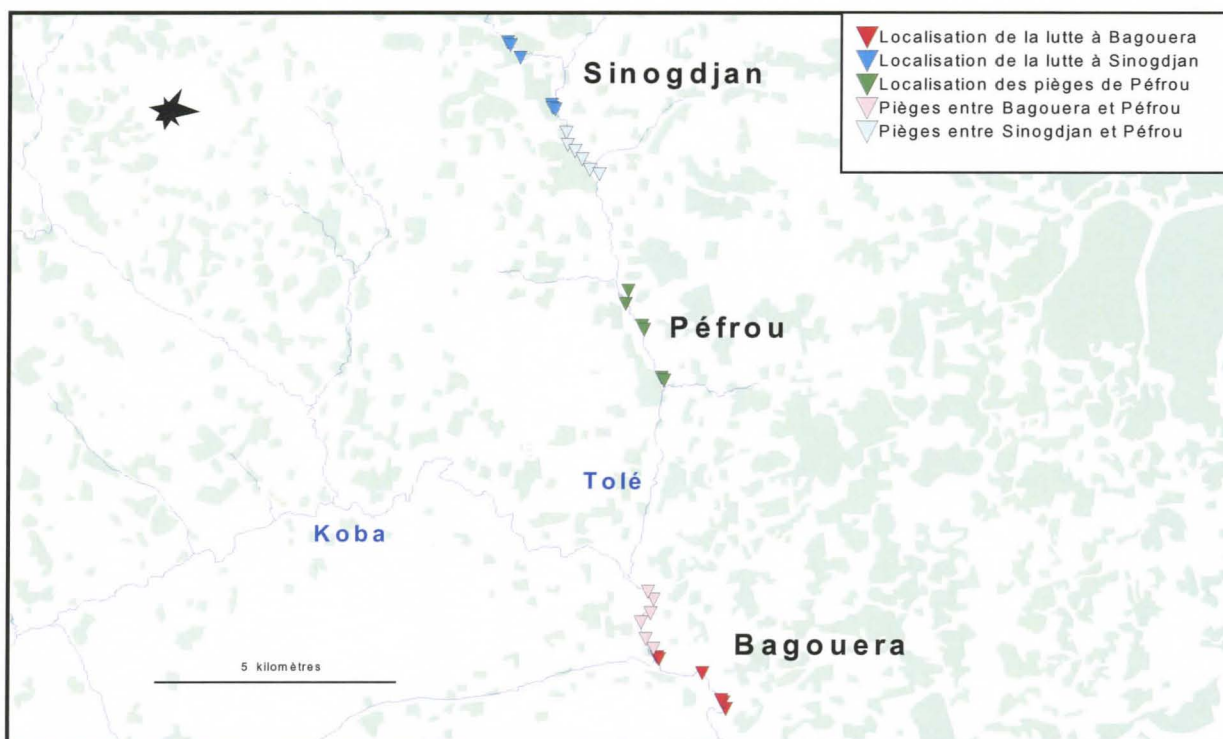


Figure 24 : présentation de la localisation de Péfrou par rapport aux deux sites de lutte.

Les densités les plus importantes de glossines se situent sur la partie aval du Koba, en aval de Bagouera (De La Rocque, S., 1997). En effet le cours d'eau devient large et la forêt

galerie large et dense. Le flux de migration des glossines doit se faire donc essentiellement de cette zone vers Bagouera, puis vers l'affluent qu'est le Tolé. La lutte à Bagouera a permis de diminuer de façon importante les densités de glossine de la zone, mais aussi sur une étendue plus importante (voir résultats des pièges posés entre Bagouera et Péfrou). Cette lutte à Bagouera a tendance à diminuer fortement l'apport de glossines migratrices dont bénéficiait sans doute le site de Péfrou. La lutte à Sinogdjan a permis de faire disparaître *G. tachinoïdes* du site, mais aussi sur une étendue plus importante. Le site de Sinogdjan ne semblant pas être un site où se produisait des émergences, les populations de glossines devaient provenir des sites adjacents vraisemblablement de la partie du Tolé en aval de Sinogdjan. Ces glossines migratrices qui arrivaient à Sinogdjan sans possibilité de retour avec la mise en place de la lutte ont pu permettre de diminuer les densités des glossines présentes dans la partie du Tolé en aval de Sinogdjan. Les effets cumulés de cette migration de glossines vers le système de lutte de Sinogdjan, du déficit d'arrivée de glossines sur le Tolé lié à la lutte à Bagouera et de la saison sèche chaude 2002 particulièrement longue peut expliquer la disparition des glossines de Péfrou pendant cette période. De plus une certaine partie de la population des glossines du Tolé, doit migrer vers le Koba et Bagouera, renforçant ce déficit de glossine dans la population du Tolé.

L'enquête d'août 2002 montre des densités croissantes de glossines de Bagouera à Sinogdjan. En effet on trouve peu de *G. tachinoïdes* à Bagouera et aucune à Péfrou. On trouve des densités faibles de *G. palpalis gambiensis* à Bagouera, de très faibles densités à Péfrou et aucune à Sinogdjan. Cette gradation dans l'espace des DAP de glossines tendent à confirmer ce qui a été précédemment dit.

V. 1. 5. Suivi de la situation à Nyarafo

L'enquête réalisée en juin 2002 à Nyarafo a permis de capturer 11 *G. tachinoïdes* soit une DAP de 1.1 glossine par piège et par jour. Aucune *G. palpalis gambiensis* n'a été capturée. Les 11 *G. tachinoïdes* comprenaient 7 mâles pour 4 femelles soit un sex-ratio de 0.57. Les femelles présentaient un âge moyen de 47 jours (écart type de 20) et les mâles un indice de Wing Fray estimé moyen de 2.7 (écart type de 1). La population semble plutôt âgée ce qui est logique en fin de saison sèche chaude (juin étant un mois avec peu de précipitation). Les glossines sont infectées à 50 %, essentiellement dans l'intestin moyen (80 %) ou dans l'intestin moyen et le proboscis (20 %). Les parasites identifiés ne sont pas reconnus par PCR

pour 75 % des cas ou sont reconnus comme étant *T. congolense* dans 25 % des cas. La situation semble être équivalente avec la description faite lors du suivi de 1995-96. Les conditions climatiques ne semblent pas avoir eu une influence nette sur les populations de *G. tachinoïdes*. L'enquête de juillet 2002 n'a permis de capturer qu'une seule glossine d'espèce *G. palpalis gambiensis* de 54 jours d'âge et non infectée. L'absence de glossine capturée peut s'expliquer par des densités faibles en début d'hivernage, et par la dispersion de ces faibles effectifs avec les premières pluies. Cette enquête nous a permis de voir que *G. palpalis gambiensis* est toujours présente dans la zone. L'enquête d'août 2002 a permis de capturer 3 *G. tachinoïdes* (DAP = 0.3), dont 2 mâles et 1 femelle (sex-ratio de 2) et 12 *G. palpalis gambiensis* (DAP = 1.2), dont 10 mâles et 2 femelles (sex-ratio de 5). Les femelles sont âgées en moyenne de 37 jours (écart type de 20) et les mâles ont un indice de Wing Fray estimé moyen de 2.4 (écart type de 1). Le taux d'infection est de 30 %, la totalité étant localisée dans l'intestin moyen. Les résultats PCR ne sont pas encore disponibles, mais il est vraisemblable que la majorité des infections est due à des trypanosomes de reptiles.

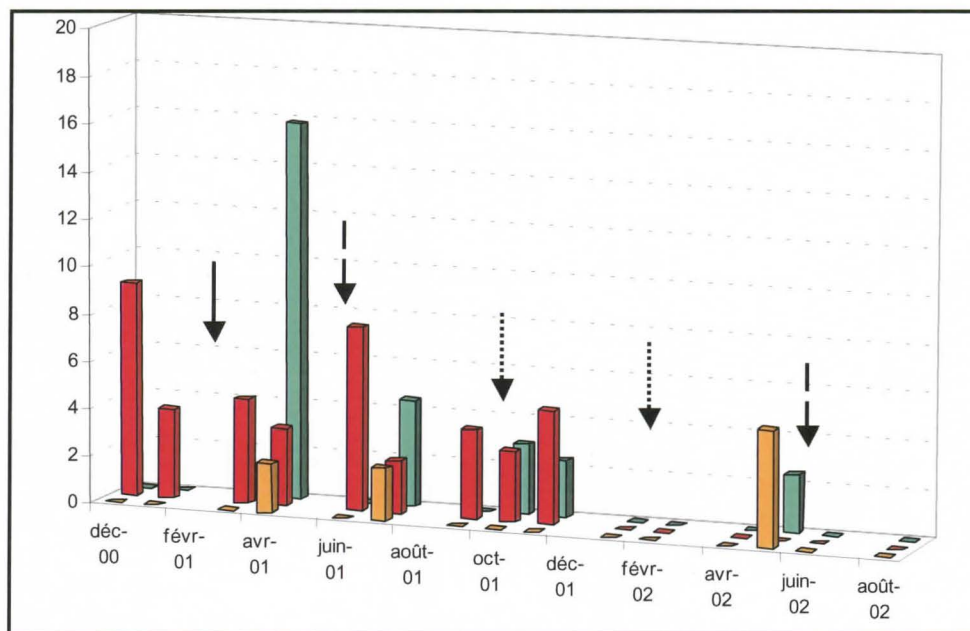
Ainsi la situation de Nyarafo qui reste équivalente à celle décrite en 1995-96 semble relativiser l'impact des conditions climatiques sur les populations glossiniennes du réseau hydrographique et renforcer l'hypothèse d'une influence des sites de lutte sur le site de Péfrou. Il faut remarquer néanmoins que les densités de glossines restent relativement faibles pour un mois de saison des pluies. Mais sur les 10 pièges posés, les pièges 1 et 2 (situés en amont) capturent 13 glossines (DAP = 7.5) et l'ensemble des autres pièges 2 glossines (DAP = 0.25). Cette hétérogénéité des captures s'explique par une grande hétérogénéité des densités de glossines le long du cours d'eau. Le site de Nyarafo, comme l'ensemble de la zone de Sidéradougou, connaît actuellement une expansion importante de la culture du coton. Le coton reçoit 6 traitements par saison des pluies d'endosulfan, auquel les glossines sont très sensibles. Il existe une relation nette entre la proximité des cultures de coton et les densités en glossine. En amont du site de Nyarafo se trouve un bois sacré, très protégé, où se retrouve en abondance glossines et crocodiles. Il est vraisemblable que ce bois sacré joue le rôle de population réserve, maintenant des densités importantes dans les galeries forestières protégées et pas encore dégradées (situation des pièges 1 et 2) et ne pouvant maintenir que des densités très faibles dans les galeries forestières dégradées en particulier à proximité des champs de coton. Il est certain que cette situation se rencontre sur l'ensemble du réseau hydrographique.

V. 2. Suivi des troupeaux sentinelle

V. 2. 1. Le site de Bagouera

C'est pour le site de Bagouera que le nombre d'animaux suivi présente la plus grande variation. En effet beaucoup de défections des éleveurs ont eu lieu dans cette zone. Le nombre d'animaux suivis oscille de 48 à 50 jusqu'en mars 2001, de 30 à 40 jusqu'en septembre 2001 puis de 20 à 30 jusqu'à la fin du suivi.

L'évolution des incidences parasitaires est présentée par le graphique 14.



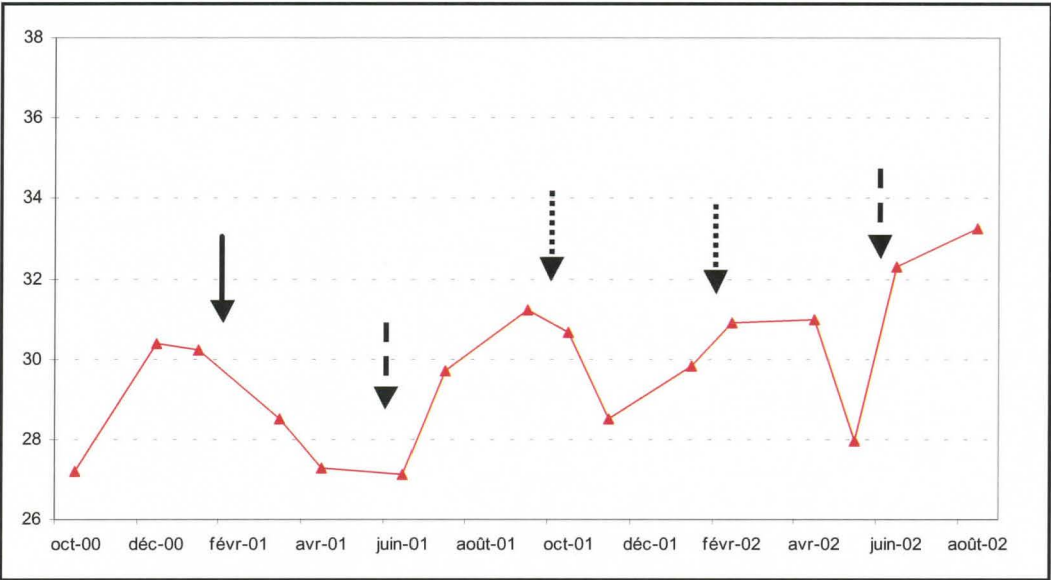
Graphique 14 : évolution de l'incidence parasitaire mensuelle (toutes techniques confondues) au sein du troupeau sentinelle de Bagouera (avec en rouge *T. vivax*, en vert *T. brucei* et en orange *T. congolense*). Le code des flèches est le même que celui déjà décrit.

On constate des incidences parasitaires importantes et constantes au cours de la première année de suivi. Les parasites rencontrés sont variés, en effet on rencontre *T. vivax*, *T. brucei brucei* et moins fréquemment *T. congolense*. On assiste à partir de la seconde période sèche froide à un arrêt de la transmission, les incidences devenant nulles, exception faite de mai, jusqu'à la fin du suivi. Les prévalences parasitaires diminuent significativement entre les deux saisons sèches chaudes consécutives (test du Chi², $p < 0.01$). Cette chute des incidences parasitaires coïncide dans le temps avec la forte diminution des densités de glossine. Il semble que la lutte à Bagouera a permis de diminuer suffisamment les densités de vecteurs pour briser localement le cycle parasite.

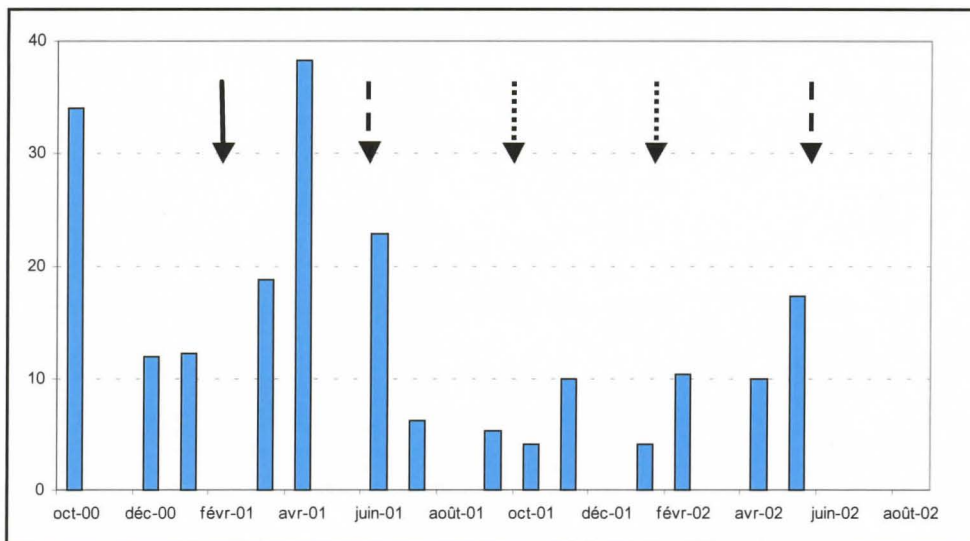
La chute des incidences parasitaires est encore récente et ne permet pas encore de voir son influence sur les résultats sérologiques. En effet le pourcentage d'animaux possédant des anticorps anti *T. vivax* oscille pendant les quatre enquêtes sérologiques (juillet, novembre

2001 et février, avril 2002) entre 95 et 97 %. Il en est de même pour *T. congolense* (32 à 70 %) et *T. brucei brucei* (30 et 42 %). Ainsi *T. vivax* est bien le trypanosome le plus fréquemment rencontré. Les résultats des enquêtes sérologiques de mai et août 2002 dont les résultats ne sont pas encore disponibles permettront de voir l'évolution des sérologies suite à la diminution des incidences parasitaires.

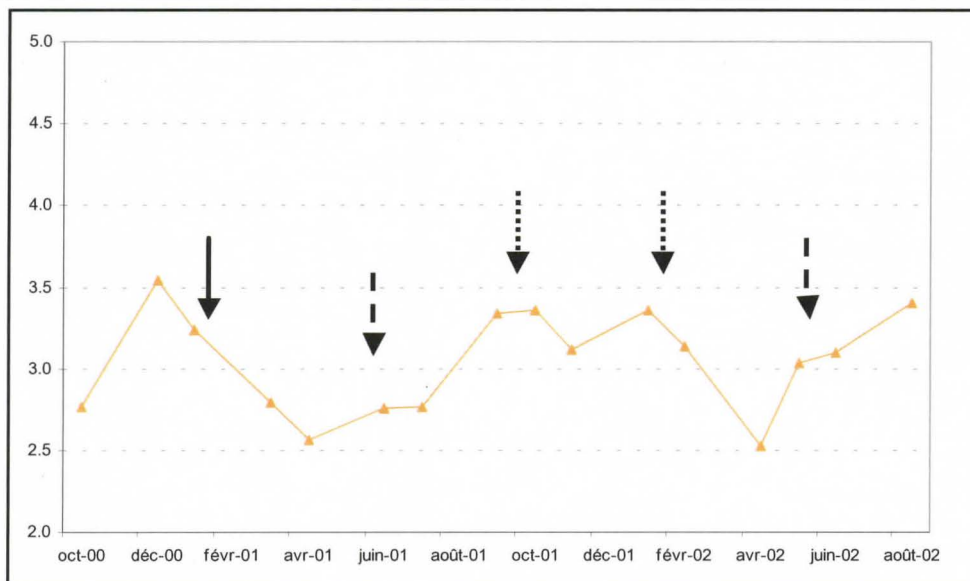
Il faut maintenant comparer la diminution des incidences parasitaires à l'état sanitaire du troupeau sentinelle. L'évolution de l'hématocrite moyen, de l'état moyen estimé, du poids moyen et du pourcentage d'animaux à hématocrite de moins de 25 % est présenté par le graphique 15.



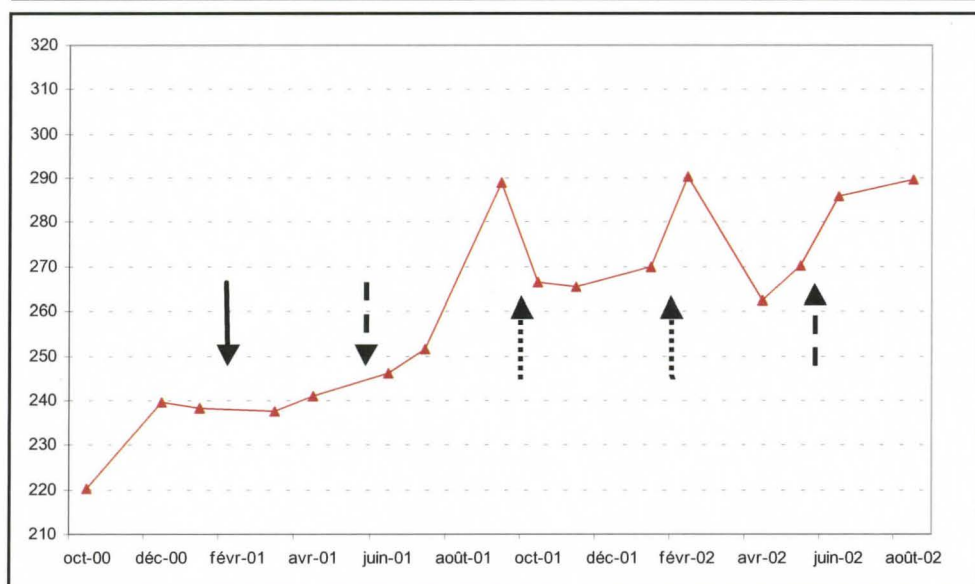
Graphique 15 a : évolution de l'hématocrite moyen du troupeau sentinelle de Bagouera. Le code des flèches est le même que celui précédemment décrit.



Graphique 15 b :
évolution du
pourcentage
d'animaux
présentant un
hématocrite
inférieur à 25 %
sur le site de
Bagouera. Le code
des flèches est le
même que celui
déjà décrit.



Graphique 15 c :
évolution de l'état
moyen estimé du
troupeau sentinelle
de Bagouera. Le
code des flèches est
le même que celui
déjà décrit.



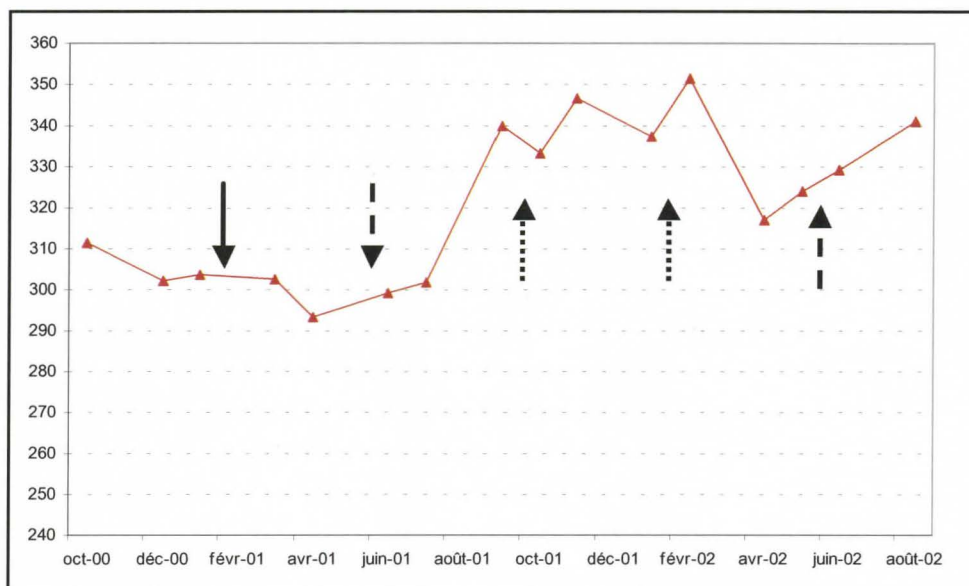
Graphique 15 d :
évolution du poids
moyen du troupeau
sentinelle de
Bagouera. Le code
des flèches est le
même que celui
déjà décrit.

L'hématocrite moyen subit surtout des variations liées à la saison. En effet il diminue significativement entre la fin de la saison sèche froide et la saison sèche chaude ($p < 0.01$), puis remonte significativement avec l'hivernage ($p < 0.05$). Il subit ensuite deux diminutions significatives, en novembre 2001 et en mai 2002 (respectivement $p < 0.01$ et $p < 0.05$), pour remonter pendant l'hivernage 2002 ($p < 0.01$). La lutte semble avoir permis d'amortir les effets de la saison sèche chaude, en effet l'hématocrite moyen n'est faible que pendant le mois de juin, contre deux mois pendant la première saison sèche chaude. De plus au cours du second hivernage il semble plus important que pendant le premier, sans qu'une différence significative n'est pu être mise en évidence.

Les effets de la lutte semblent plus visibles sur le pourcentage d'animaux ayant un hématocrite inférieur à 25 %. En effet ces pourcentages sont élevés pendant la première période sèche (période sèche froide entre 12 et 34 % et période sèche chaude entre 19 et 38 %). Le premier hivernage s'accompagne d'une diminution significative du pourcentage d'animaux à hématocrite faible ($p < 0.001$). Néanmoins l'amélioration des conditions alimentaires liée à l'hivernage peut aussi expliquer cette diminution. Par contre l'effet de la lutte est visible en comparant ces pourcentages entre les deux saisons sèches froides et chaudes successives, la diminution étant dans les deux cas significative (avec respectivement $p < 0.05$ et $p < 0.01$).

L'état moyen estimé subit comme l'hématocrite moyen des variations essentiellement saisonnières avec deux diminutions significatives importantes ($p < 0.001$), qui correspondent aux deux saisons sèches chaudes consécutives. On ne note pas d'augmentation globale au cours des années de suivi. Par contre il semble que l'état moyen estimé remonte plus rapidement après la deuxième soudure qu'après la première.

Le poids moyen augmente de façon significative entre le début du suivi et le premier hivernage ($p < 0.05$). Il semble ensuite se maintenir à un niveau plus élevé lors de la deuxième année de suivi que lors de la première, tout en subissant des variations. Néanmoins il est difficile d'attribuer cette augmentation du poids moyen pleinement aux effets de la lutte, en effet 77 % des animaux au début de notre suivi ont moins de 3 ans et ne peuvent être considérés comme ayant terminé leur croissance. Le graphique 15 e présente l'évolution du poids moyen des animaux ayant au début de notre suivi au moins 4 ans. Malheureusement les faibles effectifs d'animaux dans cette situation (entre 2 et 12 suivant les enquêtes) ne permettent pas d'effectuer des comparaisons statistiques.

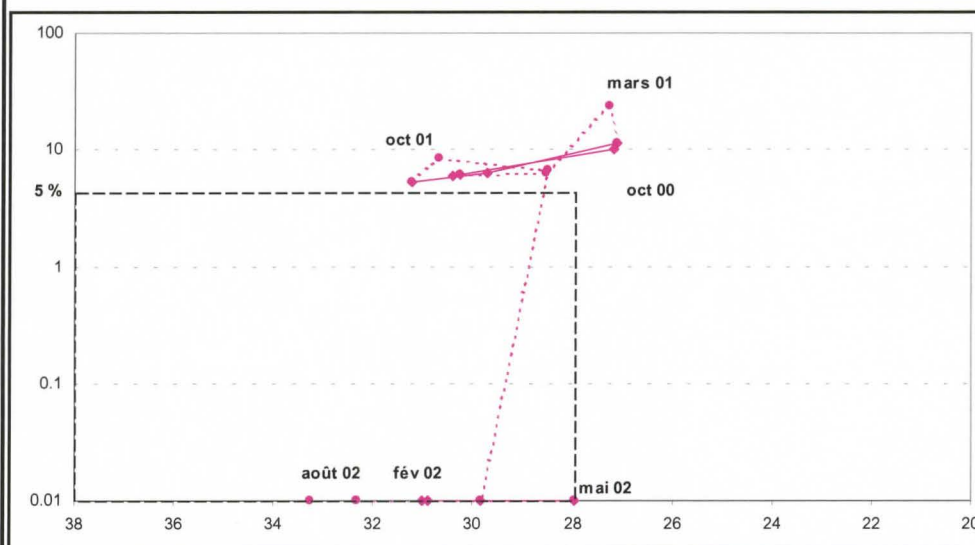


Graphique 15 e : évolution du poids moyen des animaux du troupeau sentinelle de Bagouera, ayant au moins 4 ans au début du suivi. Le code des flèches est le même que celui déjà décrit.

Comme pour le poids moyen global, on observe une augmentation lors de la deuxième année de suivi du poids moyen des animaux dont la croissance est finie, ce qui semble indiquer une amélioration de l'état des animaux au cours de notre suivi.

Résumé :

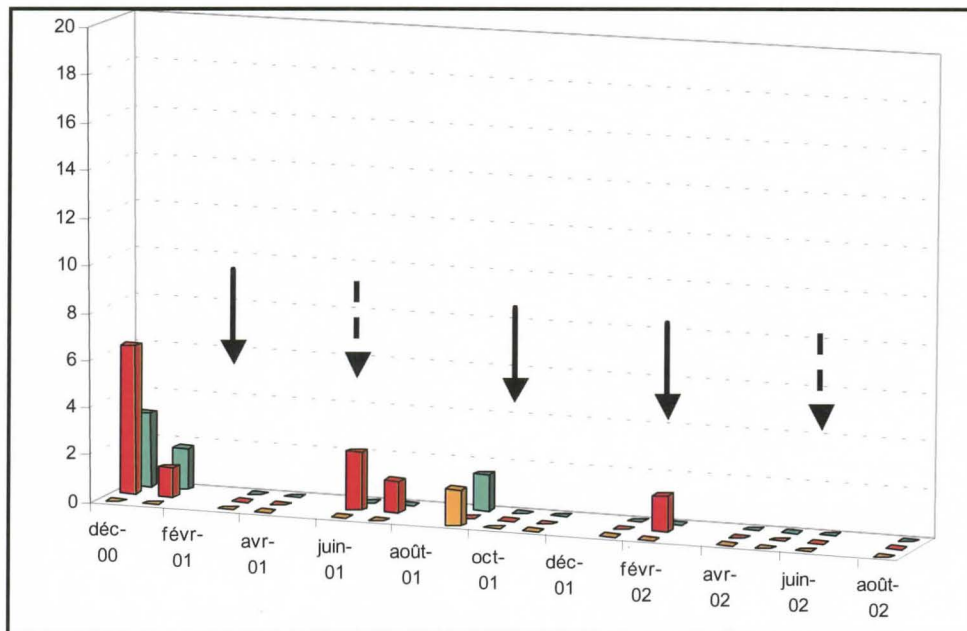
La lutte a permis à Bagouera de diminuer très fortement les incidences parasitaires, permettant ainsi une augmentation du poids moyen des animaux suivis et une diminution de l'effet de la soudure sur la chute de l'hématocrite moyen. Le graphique 16 permet une représentation combinée des informations concernant les données parasitaires et de l'hématocrite moyen (Bauer, B. *et al.*, 1999). On constate une situation initiale en dehors de la zone de production acceptable (cadre en pointillé), qui à partir de janvier 02 rentre de façon permanente dans cette zone, marquant une amélioration de la situation à Bagouera.



Graphique 16 : évolution du taux d'infection mensuel en fonction de l'hématocrite moyen à Bagouera. Le rectangle en pointillé représente la zone de production acceptable.

V. 2. 2. Le site de Sinogdjan

C'est pour le site de Sinogdjan que le nombre d'animaux suivis présente la plus grande régularité. En effet les 50 animaux sont suivis en totalité jusqu'en juillet 2001, puis leur nombre varie entre 45 et 50. Le graphique 17 présente les incidences parasitaires mensuelles.

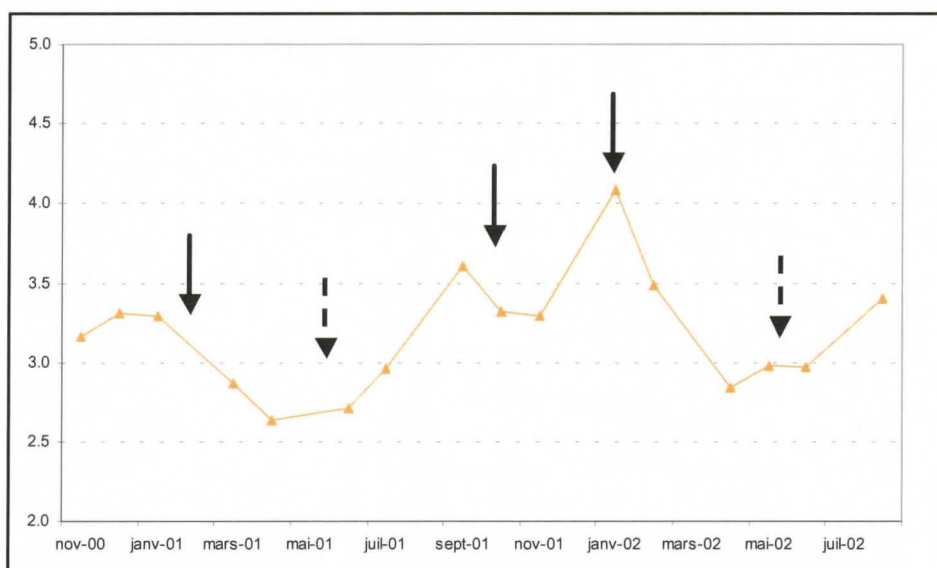
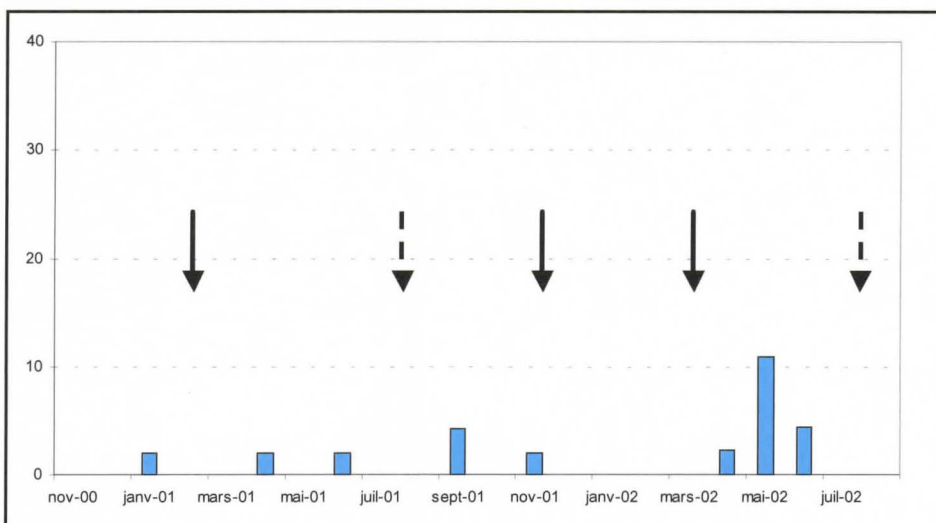
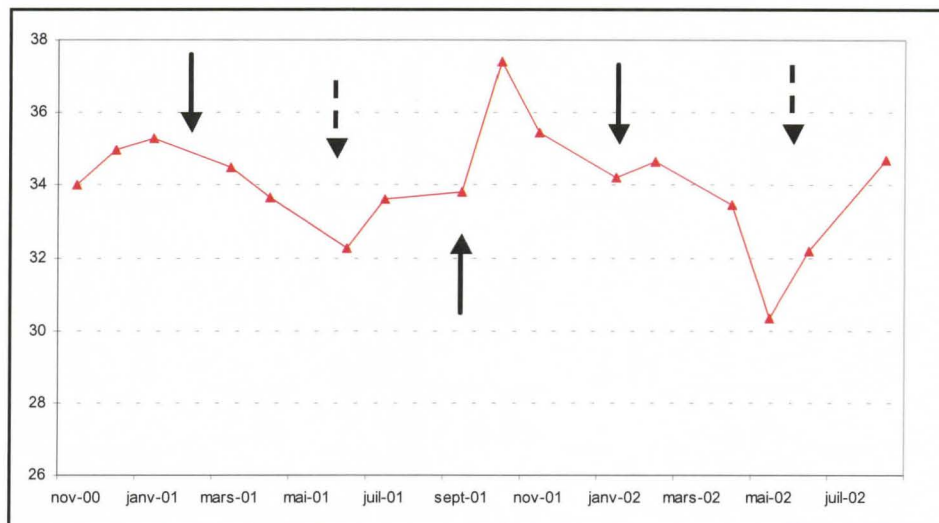


Graphique 17 : évolution de l'incidence parasitaire mensuelle (toutes techniques confondues) au sein du troupeau sentinelle de Sinogdjan (avec en rouge *T. vivax*, en vert *T. brucei brucei* et en orange *T. congolense*). Le code des flèches est le même que celui déjà décrit.

Les incidences parasitaires diminuent très rapidement au moment du début de la lutte en février 2001. Les infections étaient dues à *T. vivax* et *T. brucei brucei*. Depuis la mise en place de la lutte les incidences parasitaires sont faibles et rares. Elles sont dues à *T. vivax* (60 %), *T. congolense* (20 %) et *T. brucei brucei* (20 %). A partir de février 2002 aucune infection n'a été retrouvée dans le troupeau sentinelle de Sinogdjan.

Les résultats sérologiques confirment cette diminution des incidences parasitaires, le pourcentage d'animaux positifs à *T. vivax* passe de 85.4 % à 62.2 % entre juillet 2001 et avril 2002 (Chi^2 , $p < 0.05$). Il en est de même pour le pourcentage d'animaux positifs à *T. brucei brucei* passant de 43.8 à 6.7 % (Chi^2 , $p < 0.01$). Le pourcentage d'animaux positifs à *T. congolense* diminue de 37.5 à 17 % entre juillet 2001 et février 2002 (Chi^2 , $p < 0.05$), mais remonte à 31.1 % en avril 2002. Les résultats encore non disponibles de mai et août 2002 permettront de mieux préciser l'évolution du pourcentage d'animaux positifs à *T. congolense*.

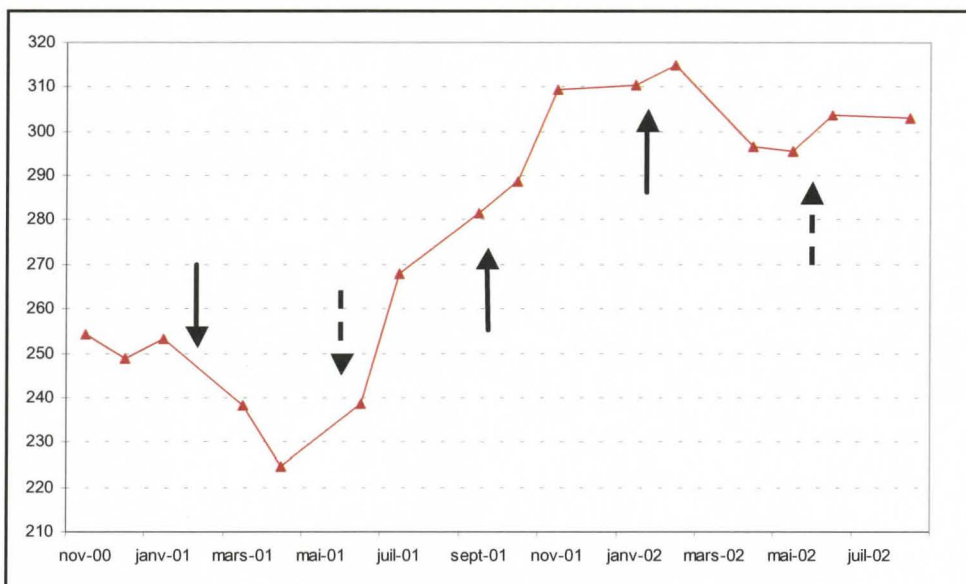
Il est intéressant de confronter cette disparition des incidences avec l'état sanitaire des animaux. L'évolution de l'hématocrite moyen, de l'état moyen estimé, du poids moyen et du pourcentage d'animaux à hématocrite de moins de 25 % est présenté par le graphique 18.



L'évolution de l'hématocrite moyen suit essentiellement des variations liées à la saison. En effet ce dernier présente deux diminutions significatives ($p < 0.01$ et $p < 0.05$) qui correspondent à la fin des deux saisons sèches chaudes. Le maximum atteint à la fin du premier hivernage en octobre 2001 ($p < 0.01$). On peut remarquer qu'entre le début de la lutte (fin de l'hivernage 2000) et la fin de l'hivernage 2001, l'hématocrite moyen a augmenté ($p < 0.01$) ce qui laisse supposer une amélioration de l'état des animaux.

Le pourcentage d'animaux ayant un hématocrite inférieur à 25 % est faible tout au long de notre suivi. Ce pourcentage marque cependant une augmentation significative lors de la saison sèche chaude 2002 ($p < 0.05$), période de soudure particulièrement longue (voir partie sur les données climatiques).

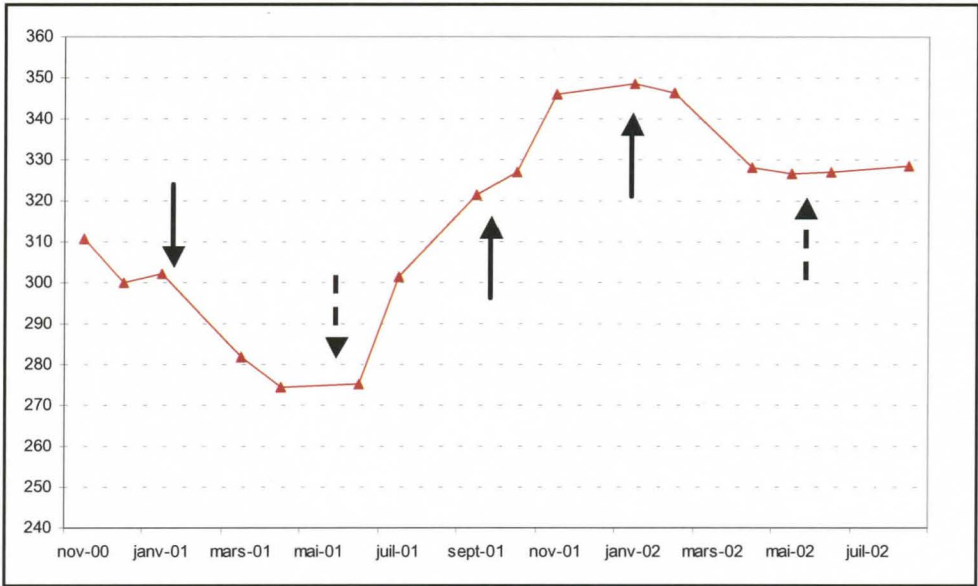
L'état moyen estimé suit lui aussi des variations essentiellement dues aux saisons. En effet il connaît deux minima en avril 2001 et 2002 ($p < 0.001$ et 0.05). Le maximum est rencontré après l'hivernage 2001 ($p < 0.001$). Néanmoins l'état moyen estimé augmente entre les deux mois d'avril successifs ($p < 0.01$) et entre les deux mois de fin d'hivernage (novembre 2000 et septembre 2001, $p < 0.001$), ce qui semble confirmer une amélioration de l'état des animaux sentinelle.



Graphique 18 d : évolution du poids moyen du troupeau sentinelle de Sinogdjan. Le code des flèches est le même que celui déjà décrit.

Après une diminution en période de soudure, le poids moyen subit une augmentation significative ($p < 0.01$) au cours de l'année 2001. Par la suite il se maintient à un poids moyen plus élevé dans l'année 2002, marquant une diminution non significative en avril / mai 2002. De l'année 2001 à 2002, le poids moyen a augmenté de 55 kilos entre les deux mois de novembre ($p < 0.001$) et de 70 kilos entre les deux mois d'avril ($p < 0.001$). Ainsi la situation semble s'améliorer au cours de notre suivi. Même si peu d'animaux sont en croissance au

début de notre suivi (18 %), il convient de s'intéresser au poids des animaux d'au moins 4 ans



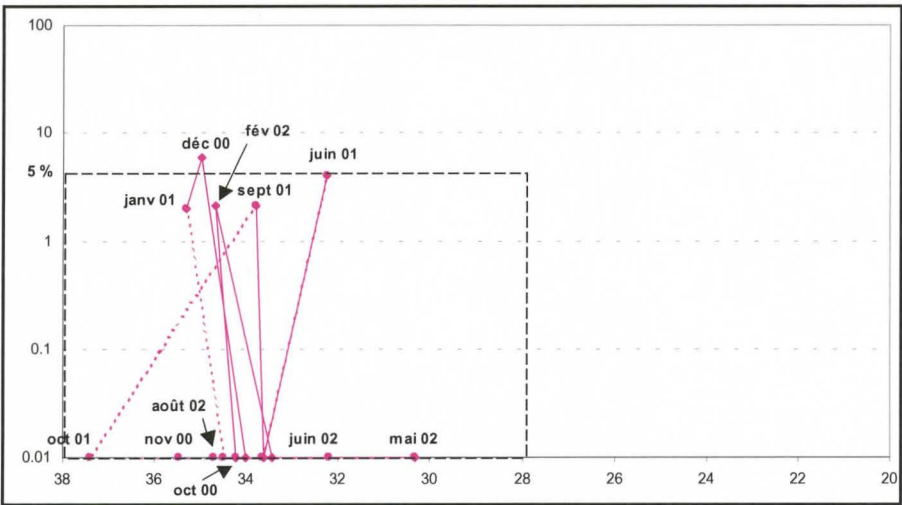
pour confirmer cette tendance.

Graphique 18 e : évolution du poids moyen des animaux du troupeau sentinelle de Sinogdjan, ayant au moins 4 ans au début du suivi. Le code des flèches est le même que celui déjà décrit.

La courbe d'évolution suit le même profil que celle précédemment décrite. En effet le poids moyen des animaux d'au moins 4 ans augmente significativement entre les deux mois de novembre (fin d'hivernage, $p < 0.01$) et les deux mois d'avril (soudure, $p < 0.001$), ce qui confirme l'amélioration de la situation à Sinogdjan pendant notre suivi.

Résumé :

La lutte à Sinogdjan a permis d'annuler les incidences parasitaires, ce qui entraîne une diminution des taux d'animaux sérologiquement positifs. Cette diminution de la pression parasitaire semble avoir apporté une amélioration de la situation en terme d'hématocrite moyen, d'état moyen estimé et de poids moyen au cours du suivi. Le graphique 19 montre une situation initiale à Sinogdjan oscillant entre les deux extrémités de la zone de production

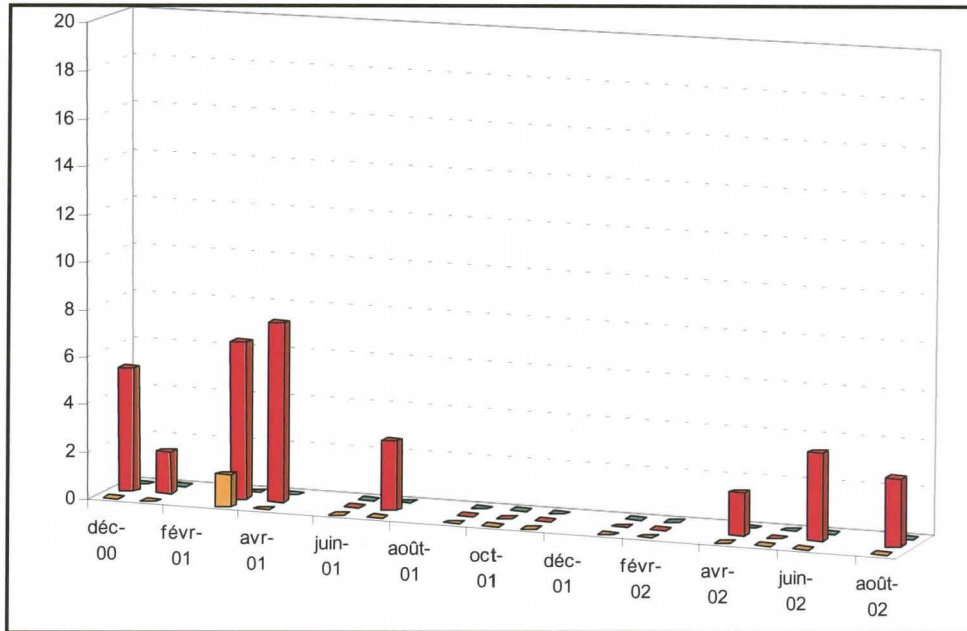


acceptable, qui à partir de octobre 2001 (exception faite de février 2002) s'installe de façon permanente dans la partie optimale de cette zone.

Graphique 19 : évolution du taux d'infection mensuel en fonction de l'hématocrite moyen à Bagouera. Le rectangle en pointillé représente la zone de production acceptable.

V. 2. 3. Le site de Péfrou

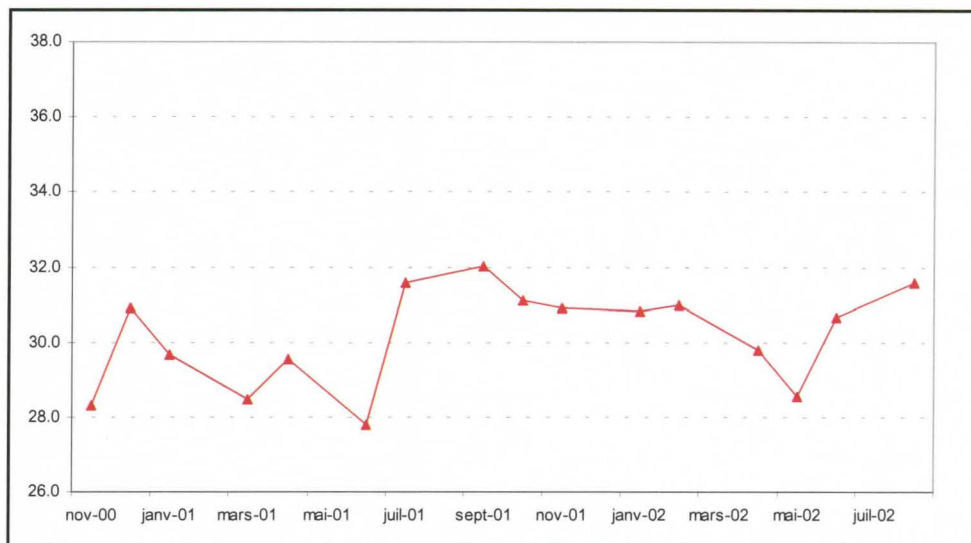
Le nombre d'animaux suivis sur le site de Péfrou varie entre 35 et 50 animaux, avec en moyenne 40 animaux suivis. Le graphique 20 présente les incidences parasitaires mensuelles.



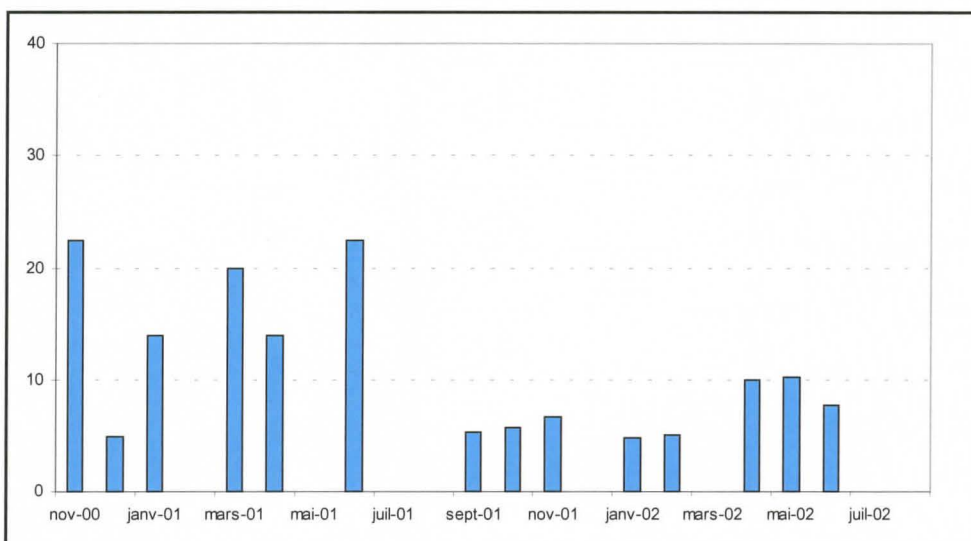
Graphique 20 :
évolution de
l'incidence
parasitaire
mensuelle (toutes
techniques
confondues) au
sein du troupeau
sentinelle de
Péfrou (avec en
rouge *T. vivax*, en
vert *T. brucei
brucei* et en
orange *T.
congolense*).

La situation initiale est dominée par la transmission essentiellement de *T. vivax* (92 %), *T. congolense* étant faiblement présent (8 %). Les incidences parasitaires deviennent nulles d'août 2001 à mars 2002 à une période où les densités de glossines ont fortement diminué. Ainsi les prévalences parasitaires diminuent pendant l'hivernage 2001 de façon significative ($p < 0.05$). Pendant la période sèche chaude 2002, les incidences parasitaires reprennent tout en restant faibles. Les infections sont dues exclusivement à *T. vivax*, à une période où très peu de glossines sont capturées. On ne peut exclure un possible rôle de la transmission mécanique à cette période.

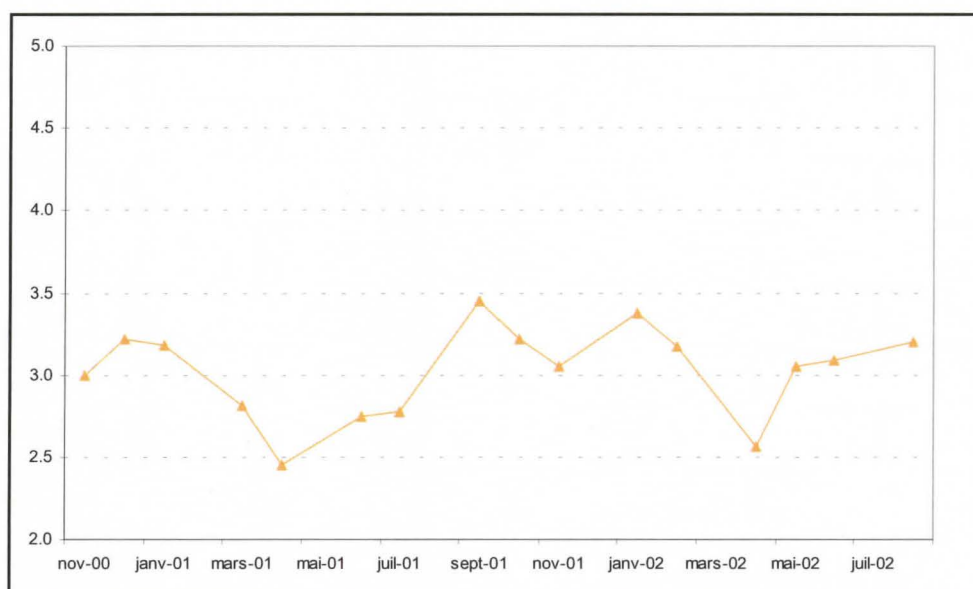
Les résultats sérologiques semblent confirmer cette situation. En effet 97.4 % des animaux sont positifs à *T. vivax* en juillet 2001, qui est le parasite majoritaire chez les animaux, mais aussi chez les glossines (100 % des glossines infectées le sont à *T. vivax*). Entre juillet 2001 et avril 2002, le pourcentage d'animaux sérologiquement positifs à *T. vivax* diminue de 97.4 à 80 % ($\text{Chi}^2, p < 0.05$), il en est de même pour le pourcentage d'animaux positifs à *T. brucei brucei* qui passe de 50 à 7.5 % ($\text{Chi}^2, p < 0.01$) ou à *T. congolense* (de 41.9 à 34.5 %, différence non significative). La lutte dans les sites adjacents semble donc avoir entraîné une diminution des incidences parasitaires. Le graphique 21 nous permet de voir l'influence de la lutte sur l'état sanitaire du troupeau sentinelle de Péfrou.



Graphique 21 a :
évolution de
l'hématocrite
moyen du
troupeau sentinelle
de Péfrou.



Graphique 21 b :
évolution du
pourcentage
d'animaux
présentant un
hématocrite
inférieur à 25 %
sur le site de
Péfrou.

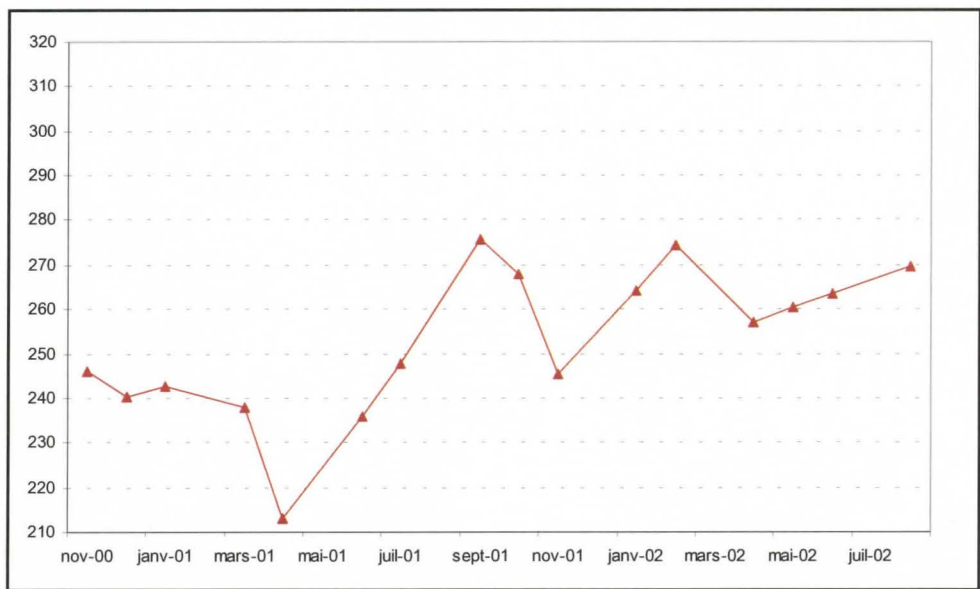


Graphique 21 c :
évolution de l'état
moyen estimé du
troupeau sentinelle
de Péfrou.

L'hématocrite moyen suit la même variation que pour les autres sites. En effet on constate deux diminutions significatives correspondant aux deux périodes de soudures ($p < 0.01$ et $p < 0.05$). Les différents hivernages (2000, 2001 et 2002) entraînent une augmentation significative de l'hématocrite moyen (p inférieur respectivement à 0.05, 0.01 et 0.01). L'hématocrite moyen entre 2001 et 2002 semble diminuer de façon moins marquée pendant la période de soudure et semble augmenter plus fortement après l'hivernage, sans qu'une différence significative n'ait pu être mise en évidence.

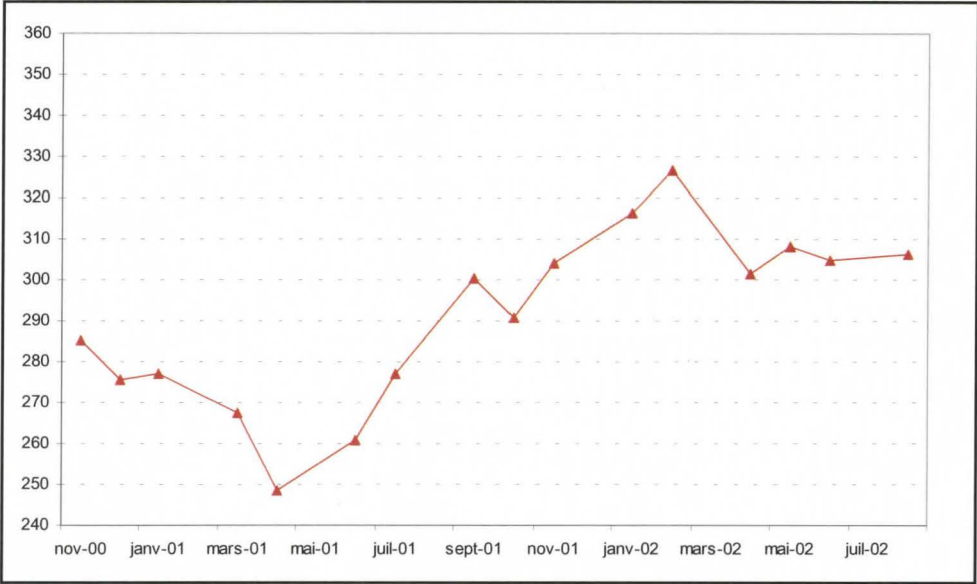
Le pourcentage d'animaux à hématocrite inférieur à 25 % est important est à peu près constant pendant toute la période sèche 2000, 2001. Ce pourcentage diminue significativement avec l'hivernage 2001 ($p < 0.001$), mais là encore une amélioration de la disponibilité fourragère peut expliquer ce résultat. Néanmoins ce pourcentage diminue de façon significative entre les deux périodes sèches froides successives et entre les deux périodes sèches chaudes successives (χ^2 , $p < 0.05$). Cette diminution du pourcentage d'animaux positifs semble montrer une amélioration de l'état des animaux à mettre en relation avec la diminution de l'incidence observée.

L'état moyen estimé suit lui aussi des variations exclusivement saisonnières. On note néanmoins une augmentation de cet indicateur entre les deux mois de janvier successifs ($p < 0.05$). Le poids moyen augmente de façon significative après la période de soudure ($p < 0.01$), de plus il se maintient à un niveau plus élevé l'année 2002. En effet le poids moyen augmente de 44 kilos entre les deux mois d'avril successifs ($p < 0.01$).



Graphique 21 d :
évolution du poids
moyen du
troupeau sentinelle
de Péfrou.

Là aussi pour plus de sécurité dans l'interprétation il convient de représenter l'évolution du poids moyen des animaux d'au moins 4 ans (58 % de l'effectif suivi) qui sont considérés



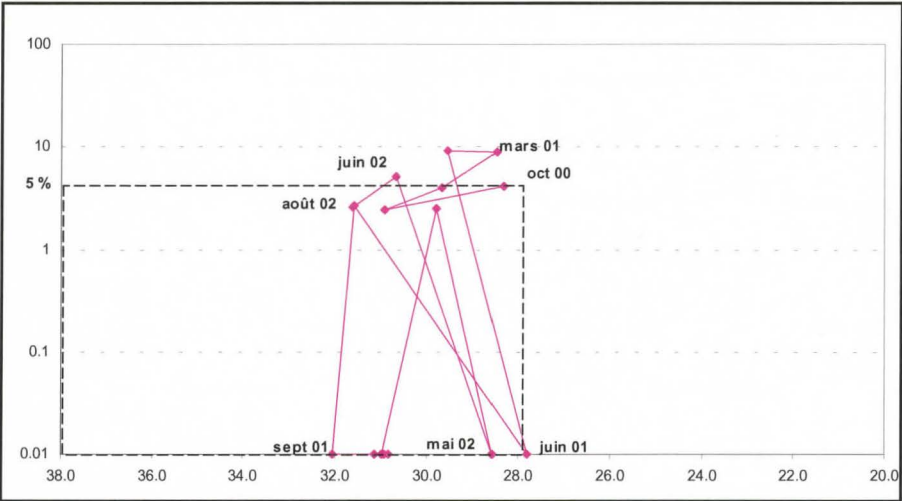
comme ayant
achevé leur
croissance.

Graphique 21 e :
évolution du poids
moyen des animaux
du troupeau
sentinelle de
Péfrou, ayant au
moins 4 ans au
début du suivi.

La courbe suit les mêmes variations que celles précédemment décrites. Néanmoins le poids moyen augmente de façon significative de 53 kilos entre les deux mois d'avril successifs ($p < 0.01$) et de 40 kilos entre les deux mois de janvier successifs ($p < 0.01$).

Résumé :

Le site de Péfrou semble subir l'influence de la lutte puisque les incidences parasitaires diminuent fortement dans la zone, en rapport avec la diminution de vecteur. Cette diminution de la pression parasitaire se ressent essentiellement par une diminution du pourcentage d'animaux présentant un hémocrite inférieur à 25 % et par une augmentation du poids moyen des animaux d'une année à l'autre. Néanmoins même si on constate une amélioration de la situation sous l'influence de la lutte, la situation semble moins bonne



que dans les sites
de lutte comme
tend à le prouve le
graphique 22.

Graphique 22 :
évolution du taux
d'infection mensuel
en fonction de l'hématocrite
moyen à Péfrou.

Sixième partie : discussion, perspectives et conclusions

Sixième partie : discussion, perspectives et conclusions

VI. 1. Choix des sites de lutte

Les sites de lutte ont été choisis après les avoir identifiés comme points épidémiologiquement dangereux par la méthode décrite précédemment. Les faibles densités de glossines peuvent paraître surprenantes dans des points identifiés comme présentant un risque élevé. Toutefois le suivi avant la lutte n'a duré que 3 mois, à une période qui n'est pas la plus propice aux tsé-tsé. Malgré ces faibles densités, les incidences parasitaires sont importantes. Des discussions avec les éleveurs nous apprennent que la trypanosomose est, pour les troupeaux basés dans ces sites, la principale contrainte, l'autre étant les tiques. Les éleveurs sont obligés de répéter les traitements trypanocides qui occupent la place la plus importante dans leurs dépenses vétérinaires. D'après ces observations, une lutte contre la trypanosomose est nécessaire pour les agroéleveurs de ces sites.

Les faibles densités de glossines observées dès le début du suivi sont vraisemblablement liées à l'intensification de la pression agricole dans la zone de Sidéradougou, et en particulier à l'intensification de la culture du coton. En effet la zone de Sidéradougou est considérée comme une zone d'expansion cotonnière, zone de fort développement du coton ces dernières années (Pigé, J., 2000). Il semble que les densités de glossines sont inférieures à celle de 1995-96, confirmant la tendance observée entre 1982 et 1996 (De La Rocque, S. *et al.*, 2001a). Une étude réalisée récemment dans le bassin du cotonnier du Mouhoun montre en effet un rôle majeur de ce type de culture sur les densités de glossines, en raison des grandes quantités d'insecticide utilisées (Bouyer, J., 2002). Néanmoins certains endroits du réseau hydrographique particulièrement protégés permettent un maintien de populations réserves qui réalimentent en continu le réseau hydrographique. Ces endroits protégés seraient des lieux privilégiés de lutte pour réussir à contrôler de façon durable la trypanosomose dans la zone agropastorale de Sidéradougou.

VI. 2. La réalisation de la lutte

Le début du suivi n'a pas fait le point sur la situation helminthologique, ni sur la situation des hémoparasitoses autres que la trypanosomose, en particulier les maladies à tiques. L'amélioration de la situation des animaux est difficilement attribuable uniquement à la diminution de la transmission trypanosomienne, le protocole associant écrans imprégnés, pour-on insecticide et vermifuge.

Les éleveurs constatent une amélioration de la situation, la trypanosomose n'étant plus à l'heure actuelle une contrainte pour eux. L'amélioration est visible à la fois sur les animaux bouclés, mais aussi sur les animaux non bouclés qui eux ne sont pas vermifugés. Les éleveurs de Sinogdjan, là où l'efficacité de la lutte sur les glossines est la plus nette, n'utilisent plus de trypanocide, même sur les animaux ne participant au suivi. Ainsi l'amélioration de la situation est en grande partie liée à la lutte anti-vectorielle, même si la lutte pour-on ayant permis de diminuer la pression des tiques a eu un effet sur l'état sanitaire des animaux. C'est d'ailleurs à la disparition des glossines remarquée surtout à Péfrou et Sinogdjan, que les éleveurs attribuent l'amélioration de la situation.

Le site de Bagouera étant soumis à une constante réinvasion par des glossines des sites adjacents ne permettait pas d'exploiter au mieux l'avantage du triflumuron sur les pyréthrénoïdes. En effet le triflumuron est un produit dont la principale indication est l'éradication d'une population résiduelle, ce qui suppose que cette population soit isolée. Néanmoins le triflumuron a permis de contrôler suffisamment les densités glossiniennes pour permettre l'interruption des cycles de transmission.

Dans le calcul de l'incidence, il a été tenu compte de la période trypanopréventive de l'acéturate de diminazène. Par contre il n'a pas été tenu compte du possible effet de la β -cyfluthrine sur la transmission trypanosomienne (en diminuant le nombre de glossines réussissant à se nourrir sur les animaux traités), et donc du possible effet de la β -cyfluthrine sur l'incidence. Une façon de contourner ce possible biais aurait été de suivre des animaux qui ne recevaient pas de pour-on insecticide. Néanmoins contrairement à la deltaméthrine, la β -cyfluthrine n'entraîne pas en étable de diminution du taux de prise de repas par une population de glossines. Les glossines ont le temps de se gorger et donc de transmettre le

parasite avant de subir l'effet de l'insecticide. De plus on constate une diminution de l'incidence à Péfrou, zone d'influence des sites de lutte, alors que les animaux sont traités avec de l'amitraz qui n'est pas rémanent. Ainsi le protocole de lutte a eu un effet certain sur l'incidence parasitaire.

VI. 3. La pérennité de la lutte

Les éleveurs des trois zones ont remarqué une amélioration de la situation. Cette constatation avait déjà été relevée par une enquête socio-économique réalisée au milieu de l'intervention, et devrait être confirmée par une enquête prévue en fin de lutte (Ouedraogo, A., 2002). En effet cette enquête à mi-parcours révèle une diminution du taux de mortalité, une augmentation de la surface cultivée par animal et une augmentation de la production laitière journalière. Cette amélioration semble, au dire des éleveurs, plus importante à Sinogdjan qu'à Péfrou et plus importante à Péfrou qu'à Bagouera. Cette gradation dans la perception de l'amélioration est la même que la gradation observée dans les densités de glossines, et dans la rapidité de diminution des incidences parasitaires, ce qui laisse supposer que c'est en grande partie la diminution de la pression glossinienne qui est à l'origine de l'amélioration de la situation.

Les éleveurs font très bien la corrélation entre l'amélioration de la situation et le début de l'intervention de lutte. Il existe une très forte demande des éleveurs pour que la lutte continue. La première réaction est néanmoins de demander que la lutte soit prise en charge par le Cirdes. Le fait de n'avoir pas fait participer financièrement les éleveurs à la lutte au cours du suivi semble être responsable de la difficulté des éleveurs à prendre en charge eux-même la lutte. Après avoir expliqué que la lutte ne peut être prise en charge indéfiniment par le Cirdes, les éleveurs consentent à la prendre en charge, et demandent un appui technique du Cirdes pour le contrôle de sa bonne réalisation. Cette volonté semble être plus évidente à Sinogdjan et Péfrou qu'à Bagouera, où la situation multiethnique marquée rend la coordination difficile.

L'utilisation de pour-on ne peut être prise en charge économiquement par les éleveurs. Par contre il a été proposé soit l'utilisation d'écrans imprégnés d'insecticide revenant à 60.000

Fcfa¹³ par an pour chaque site, soit l'utilisation d'insecticide en aspersion revenant à 50 Fcfa par animal et par traitement. Dans les deux cas le prix d'une lutte est inférieur au prix des traitements trypanocides dépensés avant la lutte. L'aspersion est préférée aux écrans par les éleveurs l'aspersion convenant mieux aux éleveurs qui ont une conception très individualiste de l'élevage. En effet chaque éleveur possède peu d'animaux et s'occupe exclusivement de ses animaux. L'aspersion a en outre l'avantage de lutter aussi contre les tiques.

Ainsi il a été prévu de revenir rencontrer les éleveurs fin août pour leur présenter précisément le coût d'une lutte par aspersion d'insecticide, leur proposer un calendrier de traitement, et réaliser avec eux la première aspersion dont les frais seront à leur charge. Par la suite l'efficacité de cette lutte entièrement prise en charge par les éleveurs sera suivie par des enquêtes entomologiques mensuelles et des enquêtes de prévalence au sein des troupeaux. Le but final étant une généralisation progressive de cette méthode à l'ensemble des points épidémiologiquement dangereux de la zone de Sidéradougou, et ainsi aboutir au contrôle durable de la trypanosomose animale dans la zone agropastorale de Sidéradougou, contrôle pris entièrement en charge par les éleveurs de la zone.

¹³ 100 Fcfa valent 0.15 euros ; 60 000 Fcfa valent 90 euros.

Conclusion

Conclusion

La lutte ciblée menée dans la zone agropastorale de Sidéradougou a permis de diminuer suffisamment les densités de glossines sur les sites de lutte de façon à permettre la rupture des cycles de transmission, entraînant une forte diminution des incidences parasitaires.

Cette diminution des densités et des incidences a été rapide sur le site de Sinogdjan (lutte insecticide) et plus progressive sur le site de Bagouera (lutte triflumuron). Le triflumuron a ainsi montré son efficacité dans sa capacité à contrôler les populations de vecteurs. Cette diminution de la pression trypanosomienne s'est accompagnée d'une amélioration de l'état des animaux et de leurs performances, amélioration perçue par les éleveurs.

La lutte ciblée a également montré sa capacité à contrôler les populations de glossines à distance ; le site de Péfrou suivi sans lutte antivectorielle a vu ses densités de glossines et ses incidences parasitaires diminuer. Là encore cette diminution de la pression glossinienne s'est accompagnée d'une amélioration de la situation sanitaire des animaux de la zone. Cette constatation confirme la validité d'une lutte ciblée dans la zone de Sidéradougou où les densités de vecteurs sont faibles. En effet, les populations de glossines sur le réseau hydrographique ne sont pas indépendantes et une action menée sur une fraction du réseau hydrographique a une influence sur des populations glossiniennes situées à distance.

La bonne perception des éleveurs de l'amélioration liée à la lutte rend envisageable une passation de la prise en charge de la lutte. Les premières discussions avec les éleveurs sont encourageantes, et la prochaine étape est la mise en place d'un protocole de lutte compatible avec les ressources financières des éleveurs. Ainsi il est proposé une continuité de la lutte par l'intermédiaire d'aspersion des animaux à l'aide d'un insecticide et un mode de paiement par animal et par traitement. Le Cirdes continuera à vérifier la bonne réalisation de la lutte et à contrôler son efficacité par des enquêtes entomologiques et des enquêtes de prévalence, l'objectif final étant la généralisation de cette méthode à l'ensemble des points épidémiologiquement dangereux de la zone agropastorale de Sidéradougou.

Bibliographie

Bibliographie

ALLSOPP, R. Options for vector control against trypanosomiasis in Africa. *Trends in Parasitology*, 2001, **17**, 1, 15-19.

AMSLER, S., FILLEDIER, J. et MILLOGO, R. Efficacité comparée de différents pièges pour la capture de *Glossina tachinoïdes* (Diptera : Glossinidae) au Burkina Faso. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1994, **47**, 2, 207-214.

AUTHIÉ, E. MUTETI, D. K. et WILLIAMS, D. J. L. Antibody responses to invariant antigens of *Trypanosoma congolense* in cattle of differing susceptibility to trypanosomiasis. *Parasite Immunology*, 1993, **15**, 101-111.

BAUER, B., AMSLER, S., KABORÉ, I. *et al.* Application of synthetic pyrethroïds to cattle, laboratory trials and tsetse control operations with specific consideration of extension of rural communities, (non publié).

BAUER, B., AMSLER-DELAFOSSÉ, S., CLAUSEN, P. H. *et al.* Successful application of deltamethrin pour on to cattle in a campaign tsetse flies (*Glossina spp.*) in the pastoral zone of Samorogouan, Burkina Faso. *Tropical Medicine and Parasitology*, 1995, **46**, 183-189.

BAUER, B., AMSLER-DELAFOSSÉ, S., KABORÉ, I. *et al.* Improvement of cattle productivity through rapid alleviation of african animal trypanosomosis by integrated disease management practices in the agropastoral zone of Yalé, Burkina Faso, *Tropical Animal Health and Production*, 1999, **31**, 89-102.

BAUER, B., KABORÉ, I., LIEBISCH, A. *et al.* Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour on for cattle, *Tropical Medicine and Parasitology*, 1992a, **43**, 41-46.

BAUER, B., KABORÉ, I., AND PETRICH-BAUER, J. The residual effect of deltamethrin spot on when tested against *Glossina palpalis gambiensis* under fly chamber conditions. *Tropical Medicine and Parasitology*, 1992b, **43**, 38-40.

BOUYER, J. Données personnelles, 2002.

CHALLIER, A. Amélioration de la méthode de détermination de l'âge physiologique des glossines. Etudes faites sur *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 1965, **58**, 2, 250-259.

CHALLIER, A. Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera-Muscidae) en savane d'Afrique occidentale. Mémoires ORSTOM N°64, 1973, Paris, ORSTOM, 274 p.

CHALLIER, A. Perspectives d'utilisation de systèmes attractifs toxiques dans la lutte contre les glossines (Diptera : Glossinidae). *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1984, **37**, n° sp., 31-59.

CHARTIER, C., ITARD, J., MOREL, P. C. *et al.* Précis de parasitologie vétérinaire tropicale, Paris : Editions TEC & DOC, 2000, 774 p.

CUISANCE, D. et DE LA ROCQUE, S. Tsé-Tsé et trypanosomoses. Du système pathogène à l'évaluation du risque, 1998, Montpellier, CIRAD-EMVT / CNRS.

CUISANCE, D., FEVRIER, J., DEJARDIN, J. *et al.* Dispersion linéaire de *Glossina palpalis gambiensis* dans une galerie forestière en zone soudano-guinéenne (Burkina Faso). *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1985, **38**, 2, 153-172.

CUISANCE, D. ET POLITZAR, H. Etude de l'efficacité contre *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoïdes* de barrières constituées d'écrans ou de pièges biconiques imprégnés de DDT, de Deltaméthrine ou de Dieldrine. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1983, **36**, 159-168.

D'IETEREN, G. D. M., AUTHIÉ, E., WISSOCQ, N. *et al.* Trypanotolerance, an option for sustainable livestock production in areas at risk from trypanosomosis. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.*, 1998, **17**, 1.

DAGNOGO, M. et GOUTEUX, J. P. Comparaison de différents pièges à tsé-tsé (*Diptera, Glossinidae*) en Côte-d'Ivoire et au Congo. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1985, **38**, 371-378.

DE LA ROCQUE, S. Identification des facteurs discriminants majeurs de la présence des glossines dans une zone agro-pastorale du Burkina Faso. Intérêt pour la prévision du risque trypanosomien. Thèse Doct. Sci., Univ. de Montpellier II, 1997, 212 p.

DE LA ROCQUE, S., AUGUSSEAU, X., GUILLOBEZ, S. *et al.* The changing distribution of two riverine tsetse flies over 15 years in an increasingly cultivated area of Burkina Faso, *Bulletin of Entomological Research*, 2001a, **91**, 157-166.

DE LA ROCQUE, S., BENGALY, Z., MICHEL, J. F. *et al.* Importance des interfaces spatiales et temporelles entre les bovins et les glossines dans la transmission de la trypanosomose animale en Afrique de l'Ouest, *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1999, **52**, 215-222.

DE LA ROCQUE, S., MICHEL, J. F. et CUISANCE, D. Les différentes potentialités d'un système d'information géographique pour les études épidémiologiques : l'exemple des trypanosomoses animales en zone soudanienne. *Médecine Tropicale*, 2001b, **61**, 365-371.

DE LA ROCQUE, S., MICHEL, J. F., CUISANCE, D. *et al.* Du satellite au microsatellite. Le risque trypanosomien. Une approche globale pour une décision locale, Montpellier : Cirad, 2001c.

DE LA ROCQUE, S., MICHEL, J. F., DE WISPELAERE, G. *et al.* De nouveaux outils pour l'étude des trypanosomoses animales en zone soudanienne : modélisation de paysages épidémiologiquement dangereux par télédétection et systèmes d'information géographique. *Parasite*, 2001d, **8**, 171-195.

ELDRIDGE, B. F. The Epidemiology of Arthropodborne Diseases. Dans : Medical Entomology. Kluwer Academic Publishers, 2000, p 165-185.

FILLEDIER, J. et POLITZAR, H. Efficacité relative de différentes formes de leurres sur les trois espèces de glossines présentes au Burkina Faso (*Glossina morsistans submorsitans*, *Glossina tachinoïdes*, *Glossina palpalis gambiensis*). *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1985, **38**, 358-363.

FLINT, S. A. Comparaison of various traps for *Glossina spp.* (Glossinidae) and other Diptera, *Bulletin of Entomological Research*, 1985, 75, 529-534.

FOIL, F. D. Tabanids as vectors of disease agents. *Parasitology Today*, 1989, **5**, 3, 88-96.

GABAY, J. Merise et UML pour la modélisation des systèmes d'information. 4^e édition, Paris : Dunod, 2001.

GOUTEUX, J. P., CHALLIER, A., et LAVEISSIERE, C. Simplification du piège à glossines Challier-Laveissière. Technique et plan de fabrication (Rapport OCCGE), 1978, pp. 6.

GOUTEUX, J. P. et LANCIEN, J. Le piège pyramidal à tsé-tsé (Diptera : Glossinidae) pour la capture et la lutte. Essais comparatifs et description de nouveaux systèmes de capture. *Tropical Medicine and Parasitology*, 1986, **37**, 61-66.

GOUTEUX, J. P., et LE GALL, F. Piège bipyramidal à tsé-tsé pour la protection de l'élevage en République centrafricaine, WAR/RMZ 70/71, 1992, 37-43.

GRANT, I. F. Insecticides for Tse-Tse and Trypanosomiasis control : is the environmental risk acceptable? *Trends in Parasitology*, 2001, **17**, 10-14.

GREMY, F. et SALMON, D. Bases statistiques pour la recherche médicale et biologique. Paris : Dunod, 1969, 412 p.

GRUVEL, J. Contribution à l'étude écologique de *Glossina tachinoïdes* Westwood, 1850 (Diptera, Muscidae) dans la réserve de Kalamaloue, vallée du Bas-Chari. Thèse Doct. Sci. Nat., Université de Paris VI, 1974, 286 p.

GRUVEL, J. Activités de "*Glossina tachinoïdes*" W. (V). *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1975a, **28**, 2, 173-193.

GRUVEL, J. Nutrition de "*Glossina tachinoïdes*" W. (III). *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1975b, **28**, 1, 49-60.

HALOS, L. Lutte anitvectorielle contre les glossines : évaluation au laboratoire de l'influence d'une molécule régulatrice de la croissance des insectes, le triflumuron, sur la compétence vectorielle de deux espèces de glossines (*G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoïdes*). Thèse Doct. Vét., 2002, Maisons-Alfort.

HURSEY, B. S. The programme against african trypanosomiasis : aims, objectives and achievements. *Trends in Parasitology*, 2001, **17**, 2-3.

HUSSAIN, M. et PERSCHKE, H. A study of factors affecting the persistence of deltamethrin applied to cotton fabric for tsetse fly control, *Chemosphere*, 1991, **22**, 677-684.

ITARD, J. Les glossines ou mouches tsé-tsé. Etudes et synthèses de l'I.E.M.V.T., 1986.

JORDAN, A. M. Régulateurs de la croissance des insectes. Groupe FAO d'Experts des aspects écologiques et techniques du programme de lutte contre la trypanosomiose animale africaine et de mise en valeur des zones concernées, Rome, 1981, 2 p.

KUPPER, W., MANNO, A., DOVATI, A., *et al.* Impact des pièges biconiques imprégnés sur les populations de *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoïdes*. Résultats d'une campagne de lutte à grande échelle contre la trypanosome animale au nord de la Côte d'Ivoire. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1984, **37**, 176-185.

KYORKU, C. A., MACHIKA, C. O., OTIENO, L. H. *et al.* An improved odour-treated trap for a mixed population of *Glossina sp.* in the Kenya coast. Présenté dans : Proceedings of the 10th Meeting and Scientific Conference of the African Association of Insect Scientists, Mombasa, 1993.

LANGLEY, P. A. Evaluation of the chitin synthesis inhibitor triflumuron for controlling the tse-tse *Glossina morsitans morsitans* (Diptera : Glossinidae), *Bulletin of Entomological Research*, 1995, **85**, 495-500.

LANGLEY, P. A., PERSCHKE, H. et HUSSAIN, M. Oil formulation of pyrethroids for contamination of tsetse flies (*Glossina spp.*) through tarsal contact with treated targets, *Pestic Sci*, 1992, **35**, 309-313.

LAVEISSIERE, C., COURET, D., et GREBAUT, P. Recherche sur les écrans pour la lutte contre les glossines en région forestière de Côte d'Ivoire. Mise au point d'un nouvel écran. Cah ORSTOM, sér Ent méd et Parasitol XXV, 1987, 145-164.

LAVEISSIERE, C. et GREBAUT, P. Recherches sur les pièges à Glossines (Diptera : Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : le piège "Vavoua", *Tropical Medicine and Parasitology*, 1990, **41**, 185-192.

LAVEISSIERE, C. et KINEOU, J. P. Ecologie de *Glossina tachinoïdes* Westwood, 1850, en savane humide d'Afrique de l'Ouest. Relations entre l'âge physiologique et l'âge chronologique, Cah ORSTOM, sér Ent méd et Parasitol XX, 1982, 19-28.

LEUNITA SUMBA, A., MIHOK, S. et Oyieke, F. A. Mechanical transmission of *Trypanosoma evansi* and *T. congolense* by *Stomoxys niger* and *S. taeniatatus* in a laboratory mouse model. *Medical and Veterinary Entomology*, 1998, **12**, 417-422.

LÖHR, K. F., OMUKUBA, J. N., NJOGU, A. R. *et al.* Investigation of the efficacy of flumethrin pour-on for the control of high tsetse and trypanosomiasis challenge in Kenya, *Tropical Medicine and Parasitology*, 1991, **42**, 131-141.

MAGNARELLI, L. A. et ANDERSON, J. F. Feeding behaviour of *Tabanidae* (Diptera) on cattle and serologic analysis of partial blood meals. *Environ. Entomol.*, 1980, **9**, 664-667.

MEROT, P., POLITZAR, H., TAMBOURA, I. *et al.* Résultats d'une campagne de lutte contre les glossines riveraines au Burkina par l'emploi d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1984, **37**, 175-184.

MICHEL, J. F., MICHEL, V., DE LA ROCQUE, S. *et al.* Modélisation de l'occupation de l'espace par les bovins. Applications à l'épidémiologie des trypanosomoses animales. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1999, **52**, 25-33.

MIHOK, S., MARAMBA, O., MUNYUKI, E. *et al.* Mechanical transmission of *Trypanosoma spp.* by african *Stomoxys* (Diptera : Muscidae). *Tropical Medicine and Parasitology*, 1995, **46**, 103-105.

MOLOO, S.K., KABETA, J.M. et GITIVE, N.M. Study on the mechanical transmission by tsetse fly *Glossina morsitans centralis* of *Trypanosoma vivax*, *T. congolense* or *T. brucei* to goats. *Acta Tropica*, 2000, **74**, 105-108.

MOREL, P. C. Les arbres et arbustes des savanes ouest-africaines (documents pour l'étude de l'écologie des glossines). Paris : Fonds d'Aide et de Coopération du Ministère de la Coopération, 1978.

OMS. La trypanosomiase africaine : lutte et surveillance. Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS, Série de rapports techniques 881, Genève, 1996, 123 p.

OTTE, M. J. et ABUABARA, J. Y. Transmission of South American *Trypanosoma vivax* by the neotropical horse fly *Tabanus nebulosus*. *Acta Tropica*, 1991, **49**, 73-76.

OUEDRAOGO, A. Durabilité de la lutte contre la trypanosomose animale africaine dans la zone de Sidéradougou : aspects socio-économiques. Institut du développement rural, 2002, 67 p.

PIGE, J. Appui à la réalisation d'une typologie de fonctionnement des exploitations de la zone cotommière Ouest du Burkina Faso. Cirad-tera, 2000, 29 p.

POLITZAR, H. et CUISANCE, D. A trap-barrier to block reinvasion of a river system by riverine tsetse species. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1983, **36**, 364-370.

POLITZAR, H. et CUISANCE, D. An integrated campaign against riverine tsetse, *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoïdes* by trapping and the release of sterile males. *Insect Science and its Application*, 1984, **5**, 439-442.

POLLOCK, J. N. Manuel de lutte contre la mouche tsé-tsé. Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'agriculture, vol. 1 : biologie, systématique et répartition des tsé-tsé.

PULLAN, N. B. Condition scoring of white Fulani cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 1978, **10**, 118-120.

REIFENBERG, J. M. Etude des relations parasites-hôtes dans l'épidémiologie moléculaire des trypanosomoses bovines au Burkina Faso. Thèse de doct. en Sci., Université Montpellier II, 1996.

RODHAIN, F. et PEREZ, C. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Paris : Maloine S. A. éditeurs, 1985, 458 p.

ROGERS, D. J. A general model for the African trypanosomiasis. *Parasitology*, 1988, **97**, 193-212.

RAYMOND, H. L. *Tabanus importanus*, vecteur mécanique expérimental de *Trypanosoma vivax* en Guyane française. *Ann. Parasitol. Hum.*, 1990, **65**, 1, 44-46.

SCHOENEFELD, A. Essai de lutte contre *Glossina morsitans submorsitans* par utilisation d'écrans imprégnés de deltaméthrine. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux*, 1983, **36**, 33-43.

SWALLOW, B. Impact of trypanosomosis on African agriculture. Présenté dans : PAAT position paper, FAO-OMS-IAEA-OAU/IBAR, 1998.

THOMSON, J. W., MITCHELL, M., RECS, M. B. *et al.* Studies on the efficacy of deltamethrin applied to cattle for the control of tsetse flies (*Glossina spp.*) in Southern Africa. *Trop Anim Hlth Prod*, 1991, **23**, 221-226.

THOMSON, J. W. et WILSON, A. The control of tsetse flies and trypanosomiasis by the application of deltamethrin to cattle. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 1992, **40**, 5-8.

TRONCY, P. M., ITARD, J. et MOREL, P. C. Précis de Parasitologie vétérinaire tropicale. Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 1981.

WALL, R. et LANGLEY, P. From Behaviour to Control : The Development of Trap and Target Techniques for Tsetse Fly Population Management. *Agriculture Zoology Reviews*, 1991, **4**, 137-159.

WELBURN, S. C. et MAUDLIN, I. Tsetse - Trypanosome Interactions : Rite of Passage. *Parasitology Today*, 1999, **15**, 10, 339-403.